Botanische Untersuchungen

aus dem

physiologischen Laboratorium

der

landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin.

Mit Beiträgen

deutscher Physiologen und Anatomen.

Herausgegeben

von

H. Karsten.

Erstes Heft.

Berlin.

Verlag von Wiegandt und Hempel.

1865.

Nachdem Se. Excellenz der Herr Minister für die landwirthschaftlichen Angelegenheiten, v. Selchow, zur Beseitigung eines lange und tief gefühlten Bedürfnisses, den Unterzeichneten mit der Einrichtung eines physiologischen Laboratoriums und mit der Leitung des Unterrichtes der an der hiesigen landwirthschaftlichen Lehranstalt Studirenden in demselben betraut hatte, regte sich nach Jahresfrist der Wunsch, dem Herrn Minister die aus dem jungen Institute hervorgegangenen, freilich, dem ersten Anfange entsprechend, noch geringen aber die Thätigkeit desselben bezeugenden Leistungen beisammen vorlegen zu können.

Da die ausgeführten Untersuchungen auf mehr oder minder praktische Fragen sich beziehen, lag die Idee nahe, dass auch die Forst- und Landwirthe in weiterem Kreise dieselben interessiren und sie beifällig aufnehmen möchten, wenn die dem Herrn Minister abzustattenden Berichte durch den Druck veröffentlicht und so auch ihnen zugänglich gemacht würden.

Diesem ersten Gedanken reihte sich bald der zweite an: die Ergebnisse der aus dem hiesigen Laboratorium hervorgehenden Arbeiten soviel wie möglich mit denjenigen zu vereinigen, die von den Fachgenossen Deutschlands in der angedeuteten Richtung ausgeführt werden.

Die Nützlichkeit eines solchen Unternehmens, diejenigen anatomisch-physiologischen Erfahrungen, welche die praktische Pflanzencultur zu unterstützen oder zu vervollkommnen geeignet sind, — Beobachtungen, welche jetzt zum Theil unter theoretischen Abhandlungen in rein wissenschaftlichen Zeitschriften dem Praktiker verborgen bleiben oder in physikalische und chemische Journale zerstreut nicht selten wohl auch dem Botaniker entgehen, — in möglichster Vereinigung dem gesammten mit der Pflanzenwelt sich beschäftigenden Publicum vorzulegen, berechtigt wohl zu der Hoffnung, dass es sich dessen Zustimmung und Betheiligung zu erfreuen haben werde.

Der dargelegte Entwickelungsgang der Ideen bei Entstehung der vorliegenden Zeitschrift ist die Ursache, dass in dieser ersten Lieferung einige Abhandlungen enthalten sind, welche dem Hauptinhalte nach schon an anderem Orte der Oeffentlichkeit übergeben wurden; natürlich werden künftig jedoch durch dieselbe nur solche Originalarbeiten, welche wissenschaftlich neue Thatsachen behandeln, den Lesern vorgelegt werden.

H. Karsten.

Inhalt.

Ueber die Spaltöffnungen bei den Liliaceen.

Von

Paul Sorauer,

Assistent am physiologischen Laboratorium.

Hierzu Tafel I.

Die im Folgenden gegebene Arbeit über die Spaltöffnungen der Liliaceen (Endl.) ist ein Theil einer grösseren, die zum Zweck hat, möglichst viele Familien auf ihre Spaltöffnungen vergleichungsweise zu untersuchen, um vielleicht neue Hülfsmittel für die Systematik zu finden. Da aber die Ansichten der vorzüglichsten Forscher über Bau und Entwicklung des Organs noch keinesweges übereinstimmend sind, schien es nothwendig, nach Anführung derselben, selbst auf die Entwicklungsgeschichte dieses Organs einzugehen, um erst dann die Beobachtungen über die Eigenthümlichkeiten einzelner Gattungen dieser Familie folgen zu lassen.

I. Geschichtliche Einleitung.

Die Spaltöffnung als das für die Ernährung der Pflanze so wichtige Organ, welches den Durchgang der atmosphärischen Luft in das Innere der Pflanze vermittelt, ist seit den ersten Anfängen der Pflanzen-Anatomie ein Gegenstand der Untersuchung für die tüchtigsten Anatomen gewesen. Keinesweges aber ist man in der Wissenschaft einig über den Bau und die Entwicklung dieses Organes geworden und die ausgezeichnetsten Forscher der Jetztzeit gehen in der Anschauung dieser Verhältnisse sehr auseinander.

Die Entdeckung der Spaltöffnungen verdankt man dem Engländer **Grew**, der in seiner 1682 herausgegebenen „Anatomy of plants"

pag. 153 sagt: Wie die Haut der Thiere mit Poren versehen ist, ebenso ist die mancher Pflanzen mit mehreren Oeffnungen, entweder zur besseren Verflüchtigung überflüssigen Saftes, oder zur Aufnahme von Luft versehen. Diese Oeffnungen sind nicht in allen Blättern gleich, sondern variiren in Grösse, Zahl, Gestalt und Lage ..... sie geben dem Blatte eine verschiedene Oberfläche (grain). Bei Amarantus „Prince's Feather i. e. a sort of Sanicle" stehen sie am Rande des Blattes. Grew hat wirklich Spaltöffnungen gesehen und auch abgebildet und bei der Lilie beschreibt er diese Poren als mit einem Walle (border) umgeben. Er erwähnt auch schon der reihenweisen Stellung der Spaltöffnungen auf dem Pinusblatte.

Im Jahre 1764 veröffentlichte der Freiherr von Gleichen, genannt Russworm, sein prächtiges Werk: „Das Neueste aus dem Reiche der Pflanzen," in welchem er auf Tafel 3 ein Stück Oberhaut von Polypodium und auf Tafel 24 von Asplenium Ruta muraria mit Spaltöffnungen sehr schön abbildete. Er hält diese Organe jedoch für die männlichen Befruchtungsorgane der Farrnkräuter und erklärt (pag. 30) die Spalte, die er deutlich wahrnahm und auch abbildete, für den Spalt der Anthere, welcher sich später schliesse.

1793 erklärte Hedwig in seiner Sammlung zerstreuter Abhandlungen und Beobachtungen, pag. 120, die Organe, die Gleichen gesehen, für mit einer Oeffnung oder einem dunklen Strich versehene Ringe, die als Mündungen der Wasserleiter anzusehen sind. Als solche Wasserleiter erschienen ihm wahrscheinlich die bei ausgetrocknetem Objekte sich mit doppelten Grenzlinien zeigenden Wandungen der Epidermiszellen.

Dieser Meinung tritt 1800 Krocker in seiner Dissertation „de plantarum epidermide" entgegen, er stellt den zelligen Bau der Epidermis fest und spricht, pag. 7, über die Spaltöffnungen, die er rimae annulatae nennt, als von verschieden gestalteten Körpern, die zwischen den Wandungen der Epidermiszellen sichtbar werden; er erkannte Spalten, die von einem Ringe eingeschlossen werden. Ungefähr dieselbe Ansicht finden wir bei Rudolphi in seiner 1807 herausgegebenen Anatomie der Pflanzen.

Da erscheint Moldenhawer, 1812, der, wie Treviranus (Verm. Schriften, Bd. IV., Berlin 1821, pag. 61) bestätigt, zuerst nachwies, dass der Porus eine wirkliche „Oeffnung oder Spalte zwischen zwo an der einen Seite geraden oder vertieften, an der andern erhabenen Zellen,

sei, die der Länge nach an der graden oder vertieften Seite an einander liegen und nur an den Enden verbunden sind, in der Mitte aber klaffen." —

Hierauf weiter bauend, giebt Unger in seinen Exanthemen der Pflanzen, 1833, pag. 35, die ersten Andeutungen einer Entwicklungsgeschichte, indem er von einer nach dem verschiedenen Alter des Blattes verschiedenen Lage der Poruszellen im Verhältniss zur Epidermis spricht und annimmt, dass sie streng genommen nicht der Oberhaut angehören, sondern parenchymatische Zellen seien.

Dieser Ansicht widerspricht Meyen in seinem 1837 erschienenen „Neuen System der Pflanzen" indem er, pag. 269, sagt: da die Hautdrüsen oder Spaltöffnungen auf das Innigste mit der Epidermis verwachsen sind, so muss man sie als integrirende Theile derselben betrachten.

Diese beiden durch Unger und Meyen einander entgegengestellten Ansichten sind nun durch die Veröffentlichungen von zwei ausgezeichneten Forschern, Naegeli und Mohl auch auf das Gebiet der Entwicklungsgeschichte geführt und vertreten worden. Ersterer, der Ansicht Meyen's beitretend, leitet die Entwicklung der Spaltöffnungszellen von einer cambialen Epidermiszelle ab; letzterer sagt in dem Nachtrage seiner vermischten Schriften, 1846, pag. 255, zu der zuerst 1838 in der Linnaea veröffentlichten Entwicklungsgeschichte dieses Organs, dass die Spaltöffnung allen ihren Verhältnissen nach weit eher dem unterliegenden Parenchym, als der Epidermis angehöre. Der Hauptpunkt aber, in welchem die genannten Forscher abweichen, war die Erklärung über die Entstehung der Scheidewand in der Mutterzelle. Diese Scheidewand entsteht nach Naegeli (Linnaea 1842, pag. 238) durch das Aneinanderlegen von 2 Tochterzellen, innerhalb der Spaltöffnungsmutterzelle; nach Mohl ist sie ein aus 2 getrennten Platten bestehender, anfangs einfacher (ungetheilter), integrirender Theil der Mutterzelle.

Zu diesen beiden Ansichten gesellte sich 1848 eine dritte über die Entstehung des Kanals, der die eigentliche Spalte ausmacht und der von den vorerwähnten Forschern als aus der Scheidewand hervorgegangen betrachtet worden ist.

Karsten führte nämlich in der botanischen Zeitung, Jahrgang 1848, pag. 734, (und Beiträge zur Anatomie, pag. 206) seine Untersuchungen

über die Entwicklung der Spaltöffnungen bei Aloë verrucosa und margaritifera an, wonach der eigentliche Kanal nicht durch eine sich spaltende Scheidewand, auch nicht durch die Wandungen zweier aneinander grenzenden Tochterzellen, sondern durch eine dritte mit den später halbmondförmigen zugleich entstandene Tochterzelle gebildet wird. Diese dritte, mittlere Zelle wird zu einem Cylinder ausgedehnt, dessen Wandungen später mit den oben und unten angrenzenden der Mutterzelle verwachsen; nachdem sich an den Verwachsungsstellen ein Spalt gebildet, werden ihre dann unmittelbar von der Luft berührten Wandungen in eine der Cuticula gleiche Substanz umgewandelt.

Im Jahre 1857 trat darauf Weiss mit einer Entwicklungsgeschichte dieses Organs hervor; er sagt in den Verhandlungen des zoologisch-botanischen Vereins (Bd. 7, pag. 198): „diese Scheidewand gehört wohl wahrscheinlich der Spaltöffnungszelle selbst an, da ihr allmäliges Fortschreiten von der Peripherie her der Annahme einer Bildung zweier Tochterzellen widerspricht.“

Sein Ausdruck „wahrscheinlich“ aber lässt vermuthen, dass darin dieser ausserordentlich fleissige Untersucher nicht zur Gewissheit gekommen ist. Von seinen sehr schönen Figuren, von denen jedoch keine einzige den Zustand einer solchen im Entstehen begriffenen Scheidewand darstellt, kann aber die auf Tafel II. abgebildete einzelne Spaltöffnung eher als Beweis gegen seine Ansicht angeführt werden, da sich hier deutlich zwei Tochterzellen innerhalb einer Mutterzelle zeigen, welche dieselbe nicht ganz ausfüllen, also eine wesentliche Stütze für die Naegeli'sche Ansicht bilden.

Mit diesem Hauptpunkte der Meinungsverschiedenheit in Betreff des Baues der Spaltöffnung hängt die andere unmittelbar zusammen, die nämlich über die cuticulare Auskleidung des eigentlichen Luftkanals.

Unger meinte vielleicht die cuticulare Auskleidung dieses Kanals, wenn er in der Arbeit „Exantheme der Pflanzen,“ pag. 42, sagt: sah ich am innern freien Rande der Poruszellen zuweilen kleine unregelmässige Hervorragungen, die nichts ähnlicher als einer zerrissenen Membran waren, welche man leicht als Verbindungshaut der genannten Zellen ansehen konnte. Der Verfasser erklärte diese Erscheinungen jedoch für Excretionsmassen.

Sanio in seinen Untersuchungen über die Epidermis und Spalt-

öffnungen der Equisetaceen, Halle, 1858, sagt pag. 21: die obere Wand des oberen Spaltöffnungspaares von Equisetum pratense ist sehr stark verdickt; diese Verdickung hört aber da, wo die obere Wand in die die Spaltöffnung auskleidende dünne Wand übergeht, plötzlich auf, so dass dort ein feiner, nach aussen verlaufender, geschlossener Kanal entsteht.

Payen (memoire s. l. développement des vegétaux 1842) meint, dass die Cuticula in die Spaltöffnungen eintrete und bei Cactus peruvianus einen Aermel oder Muffe (manchon) bilde.

Hartigs (Lehrb. der Pflanzenk. 1842) sieht die cuticulare Auskleidung auch nur für die Cuticula an, die sich in drei verschiedene Schichten zerlegend, in ihrer dritten Schicht, dem Innenhäutchen, in Form von Falten zwischen die Zellen der darunter liegenden Epidermis sich versenke, während das Aussenhäutchen über die Spaltöffnung selbst und deren Athemhöhle ununterbrochen fortlaufe.

Mohl erklärt (bot. Zeitung, Jahrg. 1845, pag. 1) in dem Artikel: „Ueber das Eindringen der Cuticula in die Spaltöffnungen,“ dass die Cuticula sich in Form einer zu beiden Seiten sehr stark verdickten Röhre zwischen den Porenzellen zur Athemhöhle hinabzieht. Der Autor erwähnt in dieser Abhandlung der Entdeckung Guglielmo Gasparini's, der unter den Spaltöffnungen von Cereus peruvianus und von Euphorbia officinarum ein blasenförmiges Organ fand, welches derselbe cistoma nenne und das am oberen, unter der geschlossenen Spaltöffnung liegenden Ende einen Sphincter bilde, aus zarten Fasern bestehe und sich eben so wenig wie die Cuticula selbst in verdünnter kochender Salpetersäure löse.

Schacht endlich erwähnt in seiner Anatomie und Physiologie 1859 dieser cuticularen Auskleidung gar nicht; er giebt die jetzt wohl allgemein verbreitete und von den neuesten Bearbeitern dieses Gegenstandes Weiss (Pringsheim's Jahrbücher 1864) und Morren (Determination du nombre des stomates 1864) angenommene Ansicht, indem er sagt: „Die Spaltöffnungen gehören allein der Epidermis; sie bestehen aus zwei nebeneinander liegenden Zellen, welche in der Mitte nicht verbunden, eine engere oder weitere Spalte zwischen sich lassen. Die beiden Spaltöffnungszellen entstehen frühzeitig als Tochterzellen innerhalb einer Mutterzelle und unter ihnen bildet sich, wenn ein dichtes Gewebe vorhanden, durch die Art der Zellenanordnung, ein grösserer

oder kleinerer mit Luft erfüllter Raum, die sogenannte Athemhöhle, in welche die lufterfüllten Intercellulargänge des Blatt- und Rindenparenchyms ausmünden."

Diese Ansicht ist für denjenigen Untersucher, der nur das fertige Organ beobachtet, jedenfalls annehmbar, denn in der That scheint eine ausgebildete Spaltöffnung nur aus den beiden halbmondförmigen Zellen gebildet, die in ihrer Lage zu den Epidermiszellen, in ihrer Auskleidung und ihrem Inhalte bei den verschiedenen Pflanzenarten sehr verschieden sind. Geht man jedoch auf die Entstehung des Organes zurück, so geben die Untersuchungen der jüngsten Zustände ein von dieser am meisten verbreiteten Ansicht sehr abweichendes Resultat.

II. Entwicklungsgeschichte.

Die im vorigen Abschnitt erwähnten Meinungs-Verschiedenheiten über den Bau und die Entwicklung der Spaltöffnungen gaben die Veranlassung, die Entwicklung dieser Organe an zum Theil schon untersuchten Pflanzen wie Hyacinthus orientalis, ausserdem aber auch an Scilla sibirica und Allium Cepa zu untersuchen, die darin mit der erstgenannten ganz übereinstimmen.

Die Epidermiszellen eines jungen Hyacinthenblattes sind da, wo dasselbe dem Zwiebelboden entspringt, sämmtlich fast gleich gross, aber unregelmässig aneinander gereiht und mit gleichmässig wasserhellem Inhalte erfüllt. Sie zeigen noch nicht die vollständig der Längsachse parallele Lagerung, die sie bald darauf annehmen. Etwas höher an dem Blatte hinauf, also bei Zellen die in ihrer Entwicklung schon weiter fortgeschritten sind, übertrifft der Längsdurchmesser den Querdurchmesser mehrere Male; es zeigt sich eine deutlich hervortretende Kernzelle. Nur einige Zellen zwischen diesen sind kleiner, fast quadratisch geblieben, oder gar etwas breiter als lang geworden. Diese enthalten meist einen körnigen Inhalt, der undeutlich gehäuft erscheint. Das nächste Stadium der Entwicklung (noch etwas höher am Blatte aufwärts) zeigt dreierlei Formen. Entweder erblickt man in der Mitte der Mutterzelle nur eine Tochterzelle, Fig. 3 c., oder zwei schmale, nach innen flache, nach aussen convexe, dicht aneinander liegende Fig. 3 b., oder endlich eine dritte, durch Jod sich dunkler färbende runde Tochterzelle zwischen zwei sich schalenförmig um sie krümmenden und sie der Beobachtung fast entziehenden Zellen, Fig. 3 e.

Unter diesen ersten Bildungen zeigt sich noch meist keine Spur von einer Athemhöhle; dieselbe tritt grösstentheils erst auf unter den von drei gestreckten Tochterzellen ausgefüllten, meist schon durch ihre bedeutendere Grösse sich auszeichnenden Spaltöffuungsmutterzellen. Die Athemhöhle ist hier noch klein, meist dreieckig und entsteht durch Zurückweichen des unter der Spaltöffnung liegenden Parenchyms, Fig. 1, 4 b, 6.

Zuerst liegen die drei in die Länge gestreckten Tochterzellen auf dem Querschnitte parallel nebeneinander; weiter nach der Spitze des Blattes zu dagegen finden sich solche Formen, bei denen die mittlere Zelle, die vielleicht den Namen „Spaltzelle" erhalten kann, zwischen den beiden cylindrischen aber halbmondförmig gekrümmten in der Art verändert ist, dass ihre beiden Enden etwas erweitert und gegen die angrenzenden Wandungen ihrer Mutterzelle flach angelegt sind, wodurch diese Zelle eine stundenglasförmige Gestalt erhält. Indem nun die Mutterzelle des Spaltöffnungsapparates, nach ihrer Verwachsung mit den beiden Enden der mittleren Tochterzelle, zu wachsen und sich in die Länge zu strecken fortfährt, nimmt diese Verwachsungsstelle eine elliptische Form an. Gleichzeitig mit dieser Streckung wachsen bei den Liliaceen die Spaltöffnungsmutterzellen gleich den übrigen Epidermiszellen auch noch etwas in die Höhe, weshalb bei solchen Pflanzen wo dieses Wachsthum vorkommt der Spaltöffnungsapparat von dieser Entwickelungsperiode an in einer mehr oder minder bedeutenden Vertiefung der Oberhaut eingesenkt erscheint.

Innerhalb der auf die beschriebene Weise stundenglasförmig gewordenen mittleren Zelle findet sich meist in der unteren Erweiterung zuerst ein Luftbläschen an, und auch in der Mittellinie der unteren Verwachsungsstelle mit der Wandung ihrer Mutterzelle zeigt sich der erste Spalt vor dem Erscheinen des zweiten oberen Spaltes.

Erst dann erscheint der ganze Kanal mit Luft erfüllt.

Aus dem bisher Erwähnten geht hervor, dass die Spaltöffnungszelle unbedingt der Oberhaut angehört und dass die vermeintliche Scheidewand ursprünglich eine selbstständige Zelle ist.

Ist nun diese Spaltzelle durchbrochen, der Zutritt der äusseren Luft in das Innere gestattet, so lässt sich diese Zelle nicht mehr erkennen, indem der ganze Kanal mit den Wandungen der beiden halbmondförmigen verwächst, durch den Einfluss der atmosphärischen

Luft cuticularisirt und nun als eine Fortsetzung der äusseren Cuticularschichten erscheint. Hierdurch erklären sich auch, wie ich glaube, die verschiedenen Ansichten über dieses Organ, welches die früheren Forscher bereits bemerkt haben, wie aus dem in der Einleitung Mitgetheilten hervorgeht.

Dass viele Spaltöffnungen nicht zur Ausbildung gelangen, vielmehr auf einer der verschiedenen Stufen ihrer Entwickelung stehen bleiben, giebt schon Naegeli in der oben citirten Abhandlung pag. 239 an. Eine Vergleichung der Menge solcher angelegten Organe in dem noch ungefärbten basilaren Theile des Blattes und der Anzahl der ausgebildeten im grün gefärbten Theile, lassen diese Ansicht gerechtfertigt erscheinen.

Unter solchen angelegten Spaltöffnungen sind Epidermiszellen mit einer grossen oder zwei die Mutterzelle fast ganz ausfüllenden Tochterzellen ohne darunter wahrnehmbaren Luftraum verstanden, die von oben gesehen, in Fig. 4 a u. 3 b, d, dargestellt sind.

Nun drängt sich bei der Betrachtung, dass solche angelegten Spaltöffnungen im ausgewachsenen Blatte nicht vorkommen, wohl aber an ihrer Stelle kleinere, rundlichere Epidermiszellen, die Meinung auf, dass während der Entfaltung der Inhalt der in der Entwicklung zurückgebliebenen unvollkommenen Spaltöffnungszellen resorbirt und zum weiteren Wachsthum der Zellwand verwendet werde. Sehr schön unterscheiden sich solche ursprünglich zur Spaltöffnung angelegte Zellen durch ihre rundlichere Gestalt, von den angrenzenden Epidermiszellen bei Allium Cepa; hier steht nämlich fast immer zwischen je 2 sehr langen Epidermiszellen eine Spaltöffnung und man sieht statt dieser plötzlich eine weniger gestreckte, aber sonst den übrigen ganz ähnliche Epidermiszelle. Es lässt sich kein Beweis liefern, dass dort nothwendig hätte eine Spaltöffnung entstehen müssen; allein ein jeder Beobachter wird bestimmt zu der Ansicht kommen, dass diese kleinere Epidermiszelle eine umgewandelte Spaltöffnung ist.

Als Beispiel für diese Rückbildung ist ferner eine eigenthümliche Erscheinung in dem Blatte von Erythronium dens canis anzuführen. Die Spaltöffnungen kommen hier nämlich oft als Zwillinge, selten als Drillinge vor, d. h. so neben einander, dass zwischen ihnen keine andere Epidermiszelle sich befindet. Häufig geschieht es nun, dass nur

eine dieser Spaltöffnungszellen ausgebildet, die andere dagegen eine etwas breitere, rundliche Epidermiszelle geworden ist.

Behandelt man eine ausgebildete Spaltöffnung mit Schwefelsäure, so lösen sich die beiden halbmondförmigen nebst ihrer Mutterzelle auf und es bleibt dann nur der innere, aus der dritten Zelle hervorgegangene, jetzt cuticularisirte Kanal übrig, der die Gestalt eines Stundenglases besitzt. Diese Cuticularisirung geht oft bis in die Athemhöhle hinein. (Karsten's „ges. Beitr., Taf. 14, Fig. 25 u. 26.")

Dieser Kanal, die beiden halbmondförmigen Zellen und die oft sehr grosse, oft auch nur sehr flach in dem Blattparenchym gebildete Athemhöhle sind diejenigen Theile, die überall die Spaltöffnung zusammensetzen, die deshalb als die nothwendigen Theile des Apparates anzusehen sind. Es finden sich aber ausserdem noch andere Bildungen, die, mannigfach in ihrer Gestalt abweichend, das Gesammtbild der Spaltöffnung verändern; sie sind, da sie oft fehlen oder ihre Entwicklung mindestens auf ein Minimum beschränkt ist, als accessorische zu betrachten.

Zu diesen accessorischen Organen gehört ein Trichter, welcher sich bei vielen untersuchten Liliaceen angedeutet vorfindet, aber in seiner vollkommenen Ausbildung sich nur bei denjenigen zeigt, deren Blätter eine sehr verdickte Epidermis besitzen.

Jener Trichter wird dadurch gebildet, dass die Mutterzelle der halbmondförmigen mit den übrigen Epidermiszellen über die halbmondförmigen Spaltöffnungszellen selbst hinaus wachsen, und auf diese Weise die eigentliche Spaltöffnung in einer Vertiefung erscheinen lassen. Bei den Liliaceen mit dünnwandiger Epidermis ist dieses Hinauswachsen selten bedeutend, der Trichter somit nur angedeutet; nur bei Chlorophytum Sternbergianum war diese Erscheinung besonders auffallend, indem hier die senkrecht in die Höhe und nach abwärts wachsende Mutterzelle eine bedeutende Vertiefung des Spaltöffnungsapparats über und unter den verhältnissmässig sehr kleinen halbmondförmigen Zellen bildet.

In der Regel wird der Trichter zum grössten Theile durch die verdickten obern Wandungen der Epidermismutterzellen gebildet, die sich oft in ihren oberen Theilen einander nähern und so eine kraterförmige Höhlung über der Spaltöffnung bilden und an den Theil erinnern, den Mohl bei Clivia den Vorhof und die Vorhofsspalte nennt. Siehe Fig. 8 g.

III. Gestalt und Lage des Apparates.

Wie aus der Entwicklungsgeschichte hervorgeht, hängt die Gestalt des Spaltöffnungsapparates von zwei Verhältnissen ab: erstens von der Grösse der halbmondförmigen im Verhältniss zu ihren Mutterzellen und den daran stossenden Epidermiszellen, zweitens von der Stärke der verdickten äusseren Wandung der Epidermiszellen. Demnach ändern sich die beiden Hauptansichten dieses Organs: die von oben und die im Querschnitt.

Von oben gesehen, erscheint der Spaltöffnungsapparat bei denjenigen Liliaceengattungen, deren Epidermiszellen keine stark verdickte, äussere Wandung zeigen als ein Oval oder Ellipsoid, welches durch die beiden nur an ihren Enden einander berührenden sogenannten halbmondförmigen Zellen gebildet ist, Fig. 3 g. und 6.

Zwischen diesen beiden befindet sich der aus der dritten mittleren Zelle (Spaltzelle) entstandene Kanal, welcher wie Figur 6 k zeigt, einen oberen und unteren Spalt besitzt. Dieses sind die wesentlichen Theile.

Eine solche Spaltöffnung wird später als eine gewöhnliche erwähnt werden; sie ist oft an einem Theile der Pflanze gestreckter als an einem andern, wie z. B. bei Fritillaria am Stengel meist gestreckter, als an der Spitze der Blätter.

Diese einfache Form erscheint bei denjenigen Liliaceen, die, wie Gasteria, eine Epidermis mit stark verdickter äusserer Wandung haben, sehr modificirt durch die Verdickungsschichten ihrer über die halbmondförmigen hinauswachsenden Mutterzelle (Dracaena Draco) oder der daranstossenden Epidermiszellen, welche in der Ansicht von oben die eigentlichen Spaltöffnungen oft gänzlich verdecken und eine durch fast parallele Wandungen gebildete, meist einfache, Haworthia margaritifera, zuweilen auch mehr oder minder kreuzförmige Oeffnung haben.

Im Querschnitt zeigen die gewöhnlichen Spaltöffnungen, wie die der Hyacinthe zwischen den beiden halbmondförmigen, einen in eine obere und untere Spalte endenden Kanal mit dem nur angedeuteten Trichter, Fig. 1. Unter diesem Apparate befindet sich eine mehr oder weniger tief in das Parenchym des Blattes eintretende Athem-

höhle, Fig. 1 e. und 8 a., bei der sich bis jetzt kein allgemeines Gesetz hinsichtlich des Verhältnisses zwischen ihrer Grösse und der Consistenz des Blattes ergeben hat.

Auch auf die Lage der Spaltöffnung im Verhältniss zur Hauptrichtung des Pflanzentheils, an dem sie sich befinden, ist ferner noch Rücksicht zu nehmen.

Die Epidermiszellen bilden nämlich bei den eine Zwiebel besitzenden Liliaceen an der Basis der Blätter, wo dieselben aus dem Zwiebelboden hervorgehen, ein polyedrisches Gewebe, aus Zellen von ziemlich gleichem Längs- und Querdurchmesser. Mit zunehmendem Alter des Pflanzentheils werden die Epidermiszellen gestreckter und ihre Wandungen gewundener. Dasselbe Verhältniss lässt sich auch an den jetzt als äussere, schuppenartige Umhüllungen erscheinenden Blattbasen der vorjährigen Blätter einer Zwiebel (Hyacinthus orientalis, Allium Cepa etc.) erkennen. Die Basis dieser jetzt als Schuppen angesprochenen Organe besitzt meist Spaltöffnungen, welche zwischen einem unregelmässig polyedrischen Gewebe liegen, welches mehr nach der Spitze zu allmälig in eine nach der Längsrichtung der Schuppe entsprechend gestreckte Form übergeht, während die dem Zwiebelboden zunächst liegenden Zellenreihen eine mauerartige Querstreckung zeigen, Fig. 4. Hier liegen die Spaltöffnungen mit ihrer Achse auch quer, im polyedrischen Gewebe nach allen Richtungen hin gewendet und in dem längsgestreckten endlich ebenfalls mit ihrer Achse in der Längsrichtung der Zwiebelschuppe. Bei dem entwickelten Blatte kommt eine Querstreckung der Spaltöffnung anstatt in der Längsöffnung des Blattes nur selten vor: nur bei einigen Gattungen, deren Blätter sehr verdickte Epidermisschichten zeigen, konnte dies beobachtet werden; am schönsten erschien die Querstreckung bei Haworthia margaritifera. Das Vorhandensein der Spaltöffnungen in diesem polyedrischen Basalgewebe scheint vorzugsweise nur dann stattzufinden, wenn die einzelnen vorjährigen Zwiebelschuppen sich von einander entfernen und der Luft freien Zutritt gestatten. Bei denjenigen Hyacinthenzwiebeln, deren Schuppen sehr dicht auf einander lagen, waren die Spaltöffnungen oft nicht nachzuweisen.

Bei den mit sehr verdickter Epidermis versehenen Pflanzen (die meist keine Zwiebel haben) war das unregelmässig polyedrische Gewebe an der Basis der Blätter kaum angedeutet, es zeigten sich nach

der Längsrichtung des Blattes gestreckte Zellen mit 2 ziemlich parallelen und schon stark verdickten Wandungen. Je weiter man nach der Spitze des Blattes zu geht, desto mehr findet man die Zellen regelmässig 6eckig mit Ausnahme der die Spaltöffnung umgebenden, die unregelmässig 3—6eckig sind.

Die Art und Weise der Verdickung der einzelnen Epidermiszellen ist für einige Gattungen ziemlich characteristisch wie z. B. für Dracaena, wo die Verdickungsschicht eine Reihe kleiner Warzen zeigt. Dies ist der Fall bei Dracaena Betschleriana, Hookeriana, arborea, reflexa, marginata var. latifolia, bei Aloë und Gasteria ist in der Regel nur eine grosse Warze in der der Luft zugekehrten Epidermiszellenwandung wie z. B. Aloë depressa, Gasteria verrucosa und lingua. Da diese Merkmale jedoch nicht durchgehend bei allen Arten derselben Gattung sind, so lassen sie sich nicht für die Systematik verwenden.

Ein Einfluss der Gefässbündel auf die Vertheilung der Spaltöffnungen macht sich insofern geltend, als bei den verschiedenen Pflanzentheilen überall da, wo die Gefässbündel dicht unter die Epidermis treten, also kaum durch eine einfache Parenchymschicht von derselben getrennt sind, über dem Bündel selbst keine Spaltöffnungen sich finden. Sehr deutlich zeigen dies die Querschnitte von Phormium tenax und Collinsonii.

Verschiedene Beobachter haben auch geglaubt, die Anzahl der Spaltöffnungen als ein für die Systematik brauchbares constantes Merkmal ansehen zu können und zahlreiche Zählungen bei Pflanzen der verschiedensten Familien vorgenommen;*) allein diese Zahlen sind trotz des grössten Fleisses der Beobachter doch immer nur sehr schwankende Angaben, da abgesehen von der schwierigen Berechnung durch Abzug des von den Gefässbündeln eingenommenen Raumes auch die Anzahl der Spaltöffnung auf demselben Pflanzentheile in verschiedenen Höhen verschieden ist. Beispielsweise ergiebt ein Blatt von Hyacinthus orientalis im Durchschnitt folgendes Verhältniss für dasselbe Gesichtsfeld: die Basis des ausgebildeten Blattes, das cambiale Gewebe, zeigt 0, bei seinem Austritt aus der Zwiebel 6, die Mitte des Blattes 13, etwas weiter hinauf bis zur Spitze 20 Spaltöffnungen. (Siehe Fig. 7.)

*) Man vergleiche die oben citirten Arbeiten von Weiss und Morren (Lüttig).

IV. Vertheilung der Spaltöffnungen.

Die Schuppen der Zwiebel von Hyacinthus orientalis zerfallen nach dem Vorhandensein von Spaltöffnungen in zwei gesonderte Kreise: einen äusseren Kreise, der aus den fleischigen Basen der im vorigen Jahre getriebenen Blätter besteht und einen inneren, der durch die Basen der diesjährigen noch grünen Blätter gebildet wird. Zwischen beiden befinden sich einige schuppenförmige Blätter, die sich in ihrem Verhalten hinsichts des Vorhandenseins der Spaltöffnungen dem inneren Kreise anschliessen.

Die äusserste fleischige Zwiebelschuppe, innerhalb der trocknen, häutigen, gefärbten, zeigt an ihrer Basis an dem dem Zwiebelboden aufsitzenden Theile ein unregelmässig polyedrisches Gewebe, in welchem sich vereinzelte vollkommene Spaltöffnungen befinden, deren Achsen aber nicht in der Längsrichtung des Blattes, sondern in den verschiedensten Richtungen liegen. Der übrige Theil dieser Schuppe war bereits violett geworden und eingetrocknet; er liess keine Spaltöffnungen erkennen.

Die nächst innere Schuppe zeigt dieselben Verhältnisse; nur erscheinen auf der Aussenseite ihrer noch fleischig gebliebenen Spitze einige Spaltöffnungen.

In noch höherem Grade findet dieses Auftreten von Spaltöffnungen an der Spitze der nächst inneren Schuppe statt; die Mitte zeigt dieselben noch nicht.

Die drei nachfolgenden inneren Schuppen zeigten dasselbe Verhältniss; allein an der Basis der innersten von diesen dreien findet sich keine Spaltöffnung; die Spitze dieser Zwiebelschuppe ist bereits einen halben Zoll aus dem Zwiebelhalse hervorgetreten und blattartig geworden.

Jetzt beginnt der zweite, innere Kreis der diesjährigen Blätter.

Bei diesen ist das Gewebe an der Basis des Blattes allerdings auch unregelmäsig polyedrisch, jedoch im Verhältniss zu dem an derselben Stelle der vorjährigen Schuppe genommenen Gewebe kleiner und der hier und da auftretende körnige Inhalt färbte sich wie bei anderen Cambialgeweben durch Jod gelb. Weiter nach der Spitze des Blattes zu werden die Zellen regelmässiger, bis sie sich zu den vollständigen Rechtecken ausbilden, die am ausge-

wachsenen Blatte auftreten; hier beobachtet man den in der Entwicklungsgeschichte beschriebenen Vorgang der allmähligen Ausbildung der Spaltöffnungen. Bevor das Blatt aus der Zwiebel heraustritt, findet man schon vollkommene Spaltöffnungen, jedoch noch in geringer Anzahl. (Siehe Fig. 7.)

Einige andere, drei Monate später untersuchte Zwiebeln von Hyacinthus orientalis wichen in ihrer Bauart darin ab, dass die eine auf der convexen äusseren Seite einiger Schuppen des äusseren Kreises ausnahmsweise keine Spaltöffnungen an der Basis zeigte. Die Zwiebel war sehr fest gebaut, d. h. die einzelnen Schuppen lagen sehr dicht aneinander; die anderen Zwiebeln dagegen hatten an den Achseln einiger Schuppen junge Zwiebeln gebildet und die älteren Schuppen dadurch auseinander getrieben; von diesen letzteren zeigten fast alle auch Spaltöffnungen an der Basis der inneren concaven Seite, eine Erscheinung, die bei Allium Cepa nie beobachtet wurde. Die nächstjährigen Knospenblätter haben an der Spitze ausgebildete Spaltöffnungen.

Aus diesem verschiedenen Verhalten der entsprechenden Schuppen in Bezug auf die Spaltöffnungen scheint hervorzugehen, dass der Zutritt der Luft deren Bildung bedingt.

Bei den im August untersuchten Zwiebeln zeigten die Blätter des nächsten Jahres, welche die Blüthe umgaben, auf der Aussen- und Innenseite an der Basis keine, in der Mitte spärliche, an der Spitze zahlreiche Spaltöffnungen, von denen einige nicht ganz ausgebildet, die meisten aber vollkommen waren.

Die Untersuchung der Zwiebeln bei Allium Cepa zeigt folgendes:

Die äusserste braune Schuppe lässt nur an der Basis der äusseren, nicht auf der inneren Seite Spaltöffnungen entdecken.

Die nächst innere Schuppe hat in einem unregelmässig trapezoidischen Gewebe an ihrer Basis einige mit ihren Achsen nach verschiedenen Richtungen liegende Spaltöffnungen. Mitte und Spitze zeigen keine Spaltöffnungen.

Die dritte Schuppe von aussen nach innen zu zeigte ausser an der Basis auch schon in der Mitte und an der Spitze, allerdings noch sehr vereinzelte, Spaltöffnungen.

Die vierte Schuppe zeigt an der Basis und Spitze, etwas sparsamer auch in der Mitte der Schuppe, einige Spaltöffnungen.

Die fünfte Schuppe schliesst eine ziemlich entwickelte Knospe ein, gehört also dieser auch ganz an; ihre Basis zeigt vereinzelte Spaltöffnungen, ohne dass das bei den Hyacinthenschuppen nie fehlende unregelmässige Gewebe zu sehen ist. Mitte und Spitze zeigen ebenfalls vereinzelte Spaltöffnungen.

Die sechste Schuppe ragt bereits mit ihrer Blattfläche einen halben Zoll über die Zwiebel hinaus und zeigt keine Spur von Spaltöffnungen an der Basis, dagegen einige in der Mitte und zahlreiche an der Spitze; bis hierher war die innere Seite stets ohne Spaltöffnungen gewesen. Dagegen zeigt hier der grüne Theil auf seiner Innenseite zahlreiche aber geschlossene oder nicht ganz entwickelte Spaltöffnungen.

Die siebente Schuppe umschliesst abermals eine grosse Knospe, die nächstfolgende mit etwas längerer Blattfläche versehene Schuppe zeigt keine Spur von Spaltöffnungen an der Basis, sehr zahlreiche dagegen an der Spitze. Die nächstfolgenden inneren sind vollständige Blätter mit noch nicht verdickter Basis und verhalten sich in der Vertheilung ihrer Spaltöffnungen wie die Hyacinthenblätter. Die Knospe für das nächste Jahr lässt keine ausgebildeten Spaltöffnungen erkennen, wohl aber die Anlage dazu an der Spitze des äussersten Blattes.

Als Resultat dieser Untersuchungen ergiebt sich, dass die diesjährigen noch grünen Blätter, sowie die schuppenförmigen Blätter, die zusammen den inneren, noch im Wachsthum begriffenen Kreis einer Zwiebel bilden, an ihrer Basis ein unregelmässig cambiales Gewebe zeigen, dass dagegen der äusserste zweite Kreis der jetzt ausgewachsenen vorjährigen Blattbasen oder Schuppen, dessen Wachsthum erloschen ist, an der Basis der einzelnen Schuppen, ein polyedrisches, aus grösseren Zellen gebildetes Gewebe mit Spaltöffnungen zeigt, deren Achsen nach den verschiedensten Richtungen liegen. Die Spitze der Schuppe zeigt ein Oberhautgewebe mit deutlicher Längsstreckung und Spaltöffnungen, deren Axe parallel der Längsachse der umgebenden Epidermiszellen liegt. Zwischen diesen beiden Regionen findet sich eine, vielleicht aus oben angeführtem Grunde spaltöffnungslose Epidermis.

Aus dieser Erscheinung ist zu folgern, dass das Hyacinthenblatt mit dem Abwelken noch nicht seine ganze Vegetationskraft verlor, denn da zu dieser Zeit das cambiale Gewebe seiner Basis noch keine Spaltöffnung zeigt. wohl aber solche bei Beendigung der nächsten Ve-

getationsperiode, so müssen dieselben durch spätere Entwicklung des Cambiums entstanden sein.

Ihrer Vertheilung nach reihen sich der Hyacinthe solche Liliaceen an, die auf der Ober- und Unterseite des Blattes ziemlich gleich viel Spaltöffnungen zeigen:

Agapanthus umbellatus, bei dem der untere Theil des Blüthenstiels Spaltöffnungen zeigte, deren halbmondförmige die Mutterzelle nicht ganz ausfüllen.

Allium ascalonicum wie A. Cepa.

Allium Scorodoprasum wie d. v. Die statt der Blüthen sich entwickelnden Zwiebeln zeigten ganz das Verhalten der Mutterzwiebel, d. h. die unter der trocknen, gefärbten liegende fleischige Schuppe hat an der grün gefärbten Basis zahlreiche nach allen Richtungen hin liegende Spaltöffnungen, der übrige Theil der Schuppe dagegen keine. Das darauf folgende Blatt zeigt an der Basis keine entwickelten Organe, ebensowenig in der Mitte der Zwiebel; nach der Spitze derselben zu aber zahlreiche. Die von dem äusseren Blatte noch vollständig eingeschlossenen inneren Blätter zeigen zahlreiche Spaltöffnungen, in denen man jedoch die beiden halbmondförmigen dicht aneinander gelegt sieht, ohne einen Spalt zwischen ihnen zu erkennen.

Bulbine frutescens: Form der Spaltöffnung gewöhnlich wie bei den vorigen; hier zeigen sich viele Epidermiszellen, die aus einer Umwandlung ursprünglich zu Spaltöffnungen angelegter Zellen entstanden zu sein scheinen.

Fritillaria Meleagris grandiflora: Stengel und Basis der Blätter gleich viel und gleich geformte Spaltöffnungen, die Spitze zeigt deren von mehr rundlicher Gestalt. Von den Blumenblättern zeigt nur die Aussenseite Spaltöffnungen; Staubfäden sind ohne, Staubbeutel mit zahlreichen, Griffel mit einigen, Narbe ohne Spaltöffnungen. Ebenso verhalten sich Fritillaria pyrenaica racemosa, latifolia lutea, racemosa, wobei sich stets beobachten lässt, dass an der Spitze des Blattes, wo die Epidermiszellen gewundener und weniger lang gestreckt als an der Basis sind, auch die Spaltöffnungen eine rundlichere Gestalt haben als an den letztgenannten Stellen.

Phalangium ramosum: Spaltöffnungen in Reihen; Muscari Strangwaisii, Gagea pratensis, Myogalum sp., Botryanthus commutatus, Albuca aurea, Scilla sibirica, Brodiaea congesta, Barnardia japonica, Ornitho-

galum arthrophyllum, revolutum, byzantinum und thyrsoides, Lachenalia luteola, Tritoma pumila, Veltheimia viridissima zeigen keine besonderen Abweichungen.

Tulipa praecox: Ober- und Unterseite des Blattes mit sehr zahlreichen Spaltöffnungen versehen; auch hier zeigt sich wie bei vielen andern ein Unterschied in der Gestalt der Epidermiszellen der beiden Blattflächen, indem die der Unterseite gestreckter sind. Die Oberseite zeigt zahlreiche Haare. Die äussere Seite der Zwiebelschuppe zeigt entwickelte und auch noch nicht durchbrochene Spaltöffnungen. Die Unterseite der Blumenblätter zeigt zahlreiche, die Oberseite nur sehr sparsame, die Staubfäden keine, dagegen die Staubbeutel und der Griffel einige Spaltöffnungen.

Bei Tulipa silvestris zeigen die Spitzen der Aussen- und Innenseite der Blumenblätter zahlreiche Haare, die auf der Aussenseite dort beginnen, wo die Spaltöffnungen aufhören. Diese Haare sind ausgewachsene Epidermiszellen und sind noch im jugendlichen Zustande mit gelbem Farbstoff erfüllt. Ein Blatt des äusseren Blumenblattkreises, das zur Hälfte nach aussen, zur Hälfte nach innen geschlagen und gelb gefärbt war, zeigte auf der gelbgefärbten Seite weniger Spaltöffnungen. Ebenso verhält sich Tulipa suaveolens, die an dem oberen Ende des Blüthenstiels noch Spaltöffnungen in den verschiedensten Entwickelungsstadien zeigt, wie die Blätter an ihrer cambialen Basis.

b. Es folgen jetzt solche Pflanzen, deren Blattoberseite weniger Spaltöffnungen als die Unterseite besitzt.

Anthericum macrophyllum: die halbmondförmigen erreichen kaum die Hälfte der sie umgebenden Epidermiszellen.

Asphodelus Steudneri, Massonia pustulata haben nicht bedeutend von der Hyacinthe abweichende Spaltöffnungen.

Erythronium dens canis: Die Vertheilung war hier ungefähr folgende: Der Blattstiel zeigte auf einem bestimmten Gesichtsfelde eine, die Basis der Unterseite der Blattfläche 3, die Mitte 7 und die Spitze 9 Spaltöffnungen, die in Reihen liegen; ebenso hat der Rand des Blattes meistentheils mehr derselben, als die der Mitte zu gelegenen Theile; auch sind die Epidermiszellen der Oberseite am Rande mehr gewunden wie in der Mitte, und auf der Oberseite mehr, wie auf der Unterseite. Wie oben erwähnt, ist die Pflanze besonders geeignet für

den Nachweis der zu Epidermiszellen umgewandelten Spaltöffnungszellen. Auch die äussere Seite der Perigonialblätter zeigt reihenweis gestellte Spaltöffnungen, und solche finden sich noch ausgebildet an der Basis der Blattscheiden vor, die ½' hoch mit Erde bedeckt gewesen.

c. Eine dritte Abtheilung bilden diejenigen Pflanzen endlich, deren Blatt-Unterseite allein Spaltöffnungen besitzt; diese machen einen sehr geringen Theil von den untersuchten Pflanzen dieser Familie aus; es sind nur:

Lilium auratum und candidum, Hemerocallis flava, Arthropodium cirrhatum, Hartwegia comosa und das schon erwähnte Chlorophytum Sternbergianum.

Nur wenige Genera aus dieser Familie haben eine sehr verdickte Epidermis, und die Gestalt des Spaltöffnungsapparates nähert sich bei allen mehr oder minder der Zeichnung, die hier (I. 8, 9) von Kniphofia Schimperiana) gegeben ist. Untersucht wurden ausser der Pflanze, die die Zeichnung lieferte: Aloë frutescens, depressa, lineata, Gasteria verrucosa, lingua, fasciata, Haworthia semimargaritifera und cymbaefolia, Yucca conspicua.

Der Gestalt des Spaltöffnungsapparates nach theils den Pflanzen mit dünnen, theils denen mit dicken Wandungen der Epidermis sich anschliessend, sind endlich noch die Dracaenen zu erwähnen, deren Epidermiszellen, wie oben erwähnt, zum Theil eine übereinstimmende Zeichnung in der Art und Weise ihrer Verdickungsschichten zeigen. Zu unterscheiden sind die mit einer Reihe von Warzen bedeckten und die körnig verdickten Epidermiszellen. Zu den ersteren gehören die oben genannten (siehe pag. 12), zu den letzteren Aletris fragrans, Dracaena salicifolia, Boerhavii, nigra, stenophylla und reflexa. Bei allen Dracaenen ist die Oberseite des Blattes nur sehr sparsam mit Spaltöffnungen versehen, dagegen viel reichlicher die Unterseite; oft erscheinen die Spaltöffnungen, von oben gesehen, mit einem hellen Hofe umgeben, was von dem sehr breiten aber meist nicht tief in das Parenchym gehenden Luftraume herrührt, welcher durch die von den halbmondförmigen nicht ganz ausgefüllten Mutterzellen derselben hindurchscheint. Die halbmondförmigen, sowie die Spaltöffnungsmutterzellen enthalten oft harzige Absonderungen; oft ist der Inhalt ein das Licht stark reflektirendes Bläschen, wie z. B. bei Dracaena Draco und rigidifolia.

Als allgemeines Resultat ergiebt sich aus den obigen Untersuchungen:

1. dass der Spaltöffnungsapparat der Epidermis angehört;

2. dass die Entwicklung der normalen Spaltöffnung aus 3, innerhalb einer Epidermiszelle sich befindenden, Tochterzellen stattfindet;

3. dass in den ersten Entwicklungsstufen auch Mutterzellen mit nur zwei und auch mit einer Tochterzelle vorhanden sind, dass aber nur unter den Mutterzellen mit 3 Tochterzellen die Bildung einer Athemhöhle beobachtet worden ist;

4. dass die Vertheilung der Spaltöffnungen nur wie die der Gefässbündel ein charakteristisches Merkmal für die Systematik liefern kann, da sie von der Vertheilung dieser wesentlich abhängig ist; die Form des Trichters ist von der Verdickung der Epidermis abhängig;

5. dass die Bestimmung der Anzahl der Spaltöffnungen einer Pflanze sehr vorsichtig auszuführen ist, da die Basis des Blattes stets weniger als die Spitze, und die Mitte oft weniger Spaltöffnungen als der Rand hat.

Erklärung der Figuren.

Figur 1 stellt den Querschnitt durch die Mitte eines ausgewachsenen Hyacinthenblattes dar. *a* ist der obere Spalt des mit Luft erfüllten eigentlichen durch die Spaltzelle gebildeten Kanals; *b* der untere Spalt; *c* ist die Wölbung, die durch ein geringes Hervorwachsen der Spaltöffnungsmutterzelle über die halbmondförmigen hinaus entsteht und somit den Anfang eines Trichters bildet, welcher in Fig. 8*g* ausgebildet erscheint; *d* ist eine der halbmondförmigen; *e* die Athemhöhle.

Figur 2. Längsschnitt durch ein ausgewachsenes Hyacinthenblatt von derselben Gegend genommen wie Fig. 1. *a* und *b* sind die beiden Spalten wie in der ersten Figur; *d* ist eine der halbmondförmigen in ihrer ganzen Länge durchschnitten; *k* ist der Kanal, der aus der Spaltöffnung entstanden und der jetzt cuticularisirt nur bei der einen Spaltöffnung sichtbar, dagegen bei den andern beiden weggeschnitten worden und nur die Ueberreste von seiner grössten Breitenausdehnung *a' b'* zurückgelassen hat.

Figur 3. Theil von der Oberhaut eines noch nicht ausgewachsenen Hyacinthenblattes. Das Präparat ist in geringer Entfernung von der noch cambialen Basis entnommen. *a* die erste Andeutung eines körnigen Inhalts in den kleinen quadratischen Epidermiszellen zwischen solchen, die lang gestreckt sind und einen wasserhellen Inhalt haben; *b* zwei Tochterzellen innerhalb einer noch sehr kleinen Mutterzelle; *c* nur eine kleine Kernzelle ist in der Mutterzelle sichtbar; *d* zwei Tochterzellen, welche die Mutterzelle nicht ganz ausfüllen; *e* eine grosse

centrale Zelle, die das Licht stark reflektirt, wird von 2 sich über dieselbe krümmenden schalenförmigen überdeckt; *f* eine ähnliche Figur, welche jedoch bei tieferer Einstellung schon die mittlere Zelle unten durchbrochen zeigt; *g* ausgebildete Spaltöffnung, bei der die halbmondförmigen sich zu beiden Seiten in die nebenanliegenden Epidermiszellen hinein ausdehnen; *h* eine Epidermiszelle mit 3 Tochterzellen, von denen die mittlere etwas dunkler, eine der halbmondförmig um dieselbe gekrümmten durch den Schnitt herausgerissen ist.

Figur 4. Basis eines vorjährigen, jetzt als Zwiebelschuppe erscheinenden Hyacinthenblattrestes. *a* die ausgebildete Spaltöffnung in dem polyedrischen, dem Zwiebelboden nahe liegenden Gewebe.

Figur 5. Querschnitt durch ein Hyacinthenblatt in demselben Entwicklungsstadium wie bei Fig. 3. Schnitt in der Gegend der Zelle *e* bei Fig. 3 ausgeführt. *a* entspricht Fig. 3*d*; *b* entspricht Fig. 3*e*; *b'* zeigt ein etwas weiteres Stadium, indem sich hier die dritte Zelle schon zu einem Cylinder gestreckt hat.

Figur 6. Eine vergrösserte Spaltöffnung mit den angrenzenden Epidermiszellen von der Seite gesehen; zwischen den beiden halbmondförmigen liegt der Luftkanal *k* mit seinem obern Spalte *a* und dem untern Spalte *c*; *b* der abschüssige, trichterförmige Rand, welcher auf die Spalte führt und durch die cuticularisirte Wandung der etwas hinaufgewachsenen halbmondförmigen Zellen gebildet wird; *d* der dem oberen Trichter *b* entsprechende untere Trichter.

Figur 7. Schematische Zeichnung eines Hyacinthenblattes, um die durchschnittliche Zahl der Spaltöffnungen in gewissen Höhen anzugeben.

Figur 8. Querschnitt eines Blattes von Kniphofia Schimperiana. *a* Athemhöhle; *c* die durch den Einfluss der Luft cuticularisirten Wandungen der Mutterzelle der halbmondförmigen; die Cuticularisirung erstreckt sich theilweis auch auf die den Luftraum begrenzenden Zellen; *g* der Trichter, welcher durch die verdickten Wandungen der über die halbmondförmigen hinausgewachsenen Spaltöffnungsmutterzelle gebildet wird; *k* der eigentliche Luftkanal; *m* die Spaltöffnungsmutterzelle.

Figur 9. Längsschnitt, gehörend zu dem Querschnitt 8 und entsprechend dem Längsschnitt durch das Hyacinthenblatt Fig. 2. *a* die Athemhöhle; *g* der Trichter, der zu dem eigentlichen Spalt des Kanals *k* führt; *h* eine halbmondförmige in ihrer Längsansicht.

Vorläufige Mittheilung über die Rothfäule der Fichte.

Von

M. Willkomm.

(Hierzu Tafel II.) *)

Zu Anfang dieses Jahres wurde ich von dem Präsidium der XXV. Versammlung deutscher Land- und Forstwirthe, welche im vergangenen Juni in Dresden getagt hat, ersucht, in der forstlichen Section eine die Rothfäule der Laub- und Nadelhölzer betreffende Frage einzuleiten. Ich glaubte mich dieser ehrenvollen Aufgabe unterziehen zu müssen, musste mich aber sehr bald davon überzeugen, dass weder in der forstlichen noch naturwissenschaftlichen Literatur ausser der Schrift von Th. Hartig „über die Verwandlung der polycotyledonischen Pflanzenzelle in Pilz- und Schwammgebilde und die daraus hervorgehende sogenannte Fäulniss des Holzes" (1833), welche sich übrigens hauptsächlich nur auf die Rothfäule der Kiefer bezieht, irgend eine gründliche Untersuchung vorhanden sei. Der hohe Schnee im März und eine Reise nach Holland im April verhinderten mich bis zum Mai, selbst Untersuchungen über die Rothfäule anzustellen, welche ich für unerlässlich hielt, und da unterdessen das Sommersemester wieder begonnen hatte, wo meine Zeit durch Amtsgeschäfte sehr in Anspruch genommen ist, so konnte ich bis zur Eröffnung der Versammlung verhältnissmässig nur wenige Untersuchungen machen, welche sich vorzüglich auf rothfaules Fichtenholz, nebenbei auch auf rothfaules Eichenholz bezogen. Dennoch war es mir bereits bis dahin gelungen, nachzuweisen, dass ein von der braunen Nachtfaser (Nyctomyces fuscus) Hartig's gänzlich verschiedener Pilz bei der Rothfäule beider Holz-

---

*) Von Herrn Prof. Willkomm am 25. Octbr. zum Druck eingesendet. D. R.

arten eine hervorragende Rolle spielt, weshalb ich in der forstlichen Section mich dahin aussprach, dass dieser damals noch nicht näher bestimmte Pilz, ein Hyphomycet, die eigentliche Ursache oder wenigstens die nächste Ursache der Rothfäule sei, indem durch denselben unmittelbar die Zellen des Holzgewebes zerstört werden, eine Ansicht, die ich auch noch gegenwärtig aufrecht erhalten möchte. Seit Ende Juni habe ich mich nun ernstlicher mit der Erforschung der Rothfäule beschäftigt, mich jedoch dabei nur auf die Fichte beschränkt, einestheils weil ich gerade von dieser Holzart reichliches Material zur Hand hatte, anderntheils weil die Rothfäule der Fichte vom Standpunkte der Forstbenutzung und Holzverwerthung am meisten in die Waagschale fällt und noch am wenigsten gekannt ist. Obwohl meine Untersuchungen noch lange nicht zu Ende gediehen sind und ich überzeugt bin, dass noch Jahre der sorgfältigsten Forschung verstreichen werden, bevor diese Krankheit der Bäume vollständig aufgeklärt sein wird, so glaube ich doch die Ergebnisse meiner bisherigen Beobachtungen nunmehr zur öffentlichen Kenntniss bringen zu müssen, da ich jetzt zu einem gewissen, wenn auch nur vorläufigen Abschluss gekommen bin, zumal da der erwähnte Pilz, wenn ich anders richtig beobachtet habe, ein in mykologischer Hinsicht höchst merkwürdiger und interessanter ist. Ich gedenke demnächst, sobald ich eine Reihe neuer Untersuchungen über die Rothfäule der Fichte und anderer Holzarten beendet haben werde, eine ausführliche Schilderung dieser wichtigen Krankheit, sowie einiger anderen ebenfalls von Pilzen begleiteten oder verursachten Krankheiten der Waldbäume in einer Reihe von Abhandlungen unter dem Titel: „Die mikroskopischen Feinde des Waldes“ zu veröffentlichen; hier will ich blos das Hauptsächlichste, was ich bisher bezüglich der Rothfäule der Fichte gefunden habe, zusammenstellen.

Die Rothfäule kommt bei Fichten aller Altersklassen vor, ja es ist mir sehr wahrscheinlich, dass schon Keimpflanzen von derselben befallen werden können. Sie scheint sich in der Richtung von unten nach oben zu erstrecken und in den Wurzeln zu beginnen. Ob die in Folge äusserer Stammverletzungen, z. B. des Harzscharrens, eintretende Rothfäule mit der, sit venia verbo! freiwilligen, im unverletzten Stamme sich entwickelnden Krankheit identisch sei, ist noch nicht erwiesen. Letztere verräth sich in den unteren Stammtheilen

zuerst durch eine bräunliche Färbung, welche niemals im Centrum, sondern vielmehr in den mittleren Jahresringen (nicht im Splint!) auftritt. Diese Färbung breitet sich mehr und mehr aus, wird immer dunkler, roth- bis schwarzbraun und durchdringt dann, mit Ausnahme der äussersten Jahrringe und häufig auch des innersten Kerns, die ganze Holzmasse. In dem Maasse, als diese Färbung überhand nimmt und intensiver wird, tritt eine allmälig immer stärker werdende Auflockerung des Holzgewebes ein. bis dasselbe zuletzt in den ganz dunkelen Partien völlig zerfasert und verjaucht erscheint. Indem die Verjauchung mehr und mehr um sich greift, schwindet das Holzgewebe immer mehr, so dass in ganz rothfaulen Stämmen, wenigstens in deren unterstem Theil (im Stock), oft nur noch ein äusserer fester Holzcylinder vorhanden, sonst das ganze Innere mit einer dunkelbraunen, schwach nach Holzessig riechenden Jauche angefüllt ist.

Untersucht man das noch vollkommen feste, aber gebräunte Holz mittelst des Mikroskops, so wird man in den meisten Fällen finden, dass die Zellen der Markstrahlen mehr oder weniger mit einer krumigen, lichtbräunlichen bis orangerothen Masse angefüllt sind. Bei Anwendung einer 4—500fachen Vergrösserung lässt sich unschwer erkennen, dass diese Masse aus dicht aneinander gedrängten oder darmähnlich zusammengeballten, undeutlich und kurz gegliederten Fäden besteht, dass sie in alle Tüpfelkanäle sich hineinsenkt und zunächst eine Zerstörung der inneren, von den Tüpfelkanälen durchzogenen Schicht der Markstrahlzellen herbeiführt. Ich vermuthe, dass diese feinfädige Masse, welche jedenfalls das Mycelium des bereits erwähnten Pilzes sein dürfte und in den stärker gebräunten Partien nicht nur die Markstrahlen oft ganz erfüllt, sondern, indem sie die Wandungen der Markstrahlzellen durchbricht, auch in und zwischen die angrenzenden Holzzellen eindringt, identisch ist mit dem Nyctomyces fuscus Hart.; wenigstens ähneln die von Hartig in der oben erwähnten Schrift gegebenen Abbildungen dieses Pilzes aus rothfaulem Kiefernholze dem von mir beobachteten Fichtenpilze recht sehr. Schon in diesem Stadium der Entwickelung wird derselbe dem Holze sehr verderblich, indem dessen Gefüge locker wird und die Zellen allmälig zerfallen. Viel rascher schreitet aber die Zerstörung des Holzes fort, wenn aus jenem Mycelium sich der fruchttragende Pilz entwickelt. Man wird denselben stets in den dunkelbraun gefärbten, bereits in

der Zersetzung und Verjauchung begriffenen Theilen des Holzkörpers antreffen; man findet ihn aber oft auch in zwar stark gebräunten, aber noch gar nicht aufgelockerten Partien; ja in sterilem Zustande habe ich ihn bisweilen, obwohl selten, in erst wenig gebräuntem und scheinbar noch ganz unversehrtem Holze beobachtet. Derselbe besteht aus farblosen oder schwachbräunlich gefärbten, sehr zarten, cylindrischen, ungegliederten Schläuchen, welche sich hin und wieder gablig verzweigen, stellenweis Anschwellungen zeigen und grosse Massen von schwarzbraunen, stets undurchsichtigen Sporangien erzeugen (Fig. 1). Stellenweis enthalten die Pilzfäden kleine Körnchen, namentlich da, wo eine seitliche Anschwellung ist, sonst scheinen sie vollkommen leer zu sein. Ihre Wandung muss ausserordentlich zart sein, da sie sich auch bei sehr starker Vergrösserung nur als eine einfache Linie darstellt. Die Sporangien bilden sich theils an den Enden der Fäden (Fig. 3, a), theils an den Seiten derselben (Fig. 3, b). Sie sind oft in lange, perlschnurartige Streifen, oft aber auch gruppenweis geordnet und scheinen durch Abschnürung zu entstehen; wenigstens habe ich in rothfaulem Eichenholz, in welchem, wenn nicht derselbe Pilz, so doch eine ganz verwandte Art derselben Pilzgattung unter genau denselben Verhältnissen auftritt, einmal beobachtet, dass ein langer Pilzfaden an seinem Ende sich erweitert und perlschnurförmig eingeschnürt hatte (Fig. 2). Die Sporangien sind verschieden geformt, am häufigsten kuglig, die am Ende einer Reihe befindlichen oder die vereinzelt vorkommenden (abgefallenen) meist an einer Stelle bespitzt, den citronenförmigen Sporangien der Peronospora infestans nicht unähnlich. Durch Behandlung mit Chlorcalcium oder auch in Folge des Schultz'schen Macerationsverfahrens, welches ich zum Behuf der Isolirung der Zellen des rothfaulen Holzes vielfach angewendet habe, werden die Sporangien ziemlich durchsichtig. Man sieht dann bei 7—900facher Vergrösserung, dass sie eine doppelte Hülle besitzen, eine braungefärbte, dünnere, äussere, welche die häufig vorhandene Zuspitzung (die übrigens stets farblos ist) bildet, und eine beträchtlich dickere, innere. In der von letzterer umschlossenen Höhlung macht sich ein grosser Kern (?) bemerklich (Fig. 3, c). Die fruchterzeugenden Schläuche werden beträchtlich lang; sie verlaufen meistens in der Längenrichtung der Axe, weshalb man auch die Sporangienröhren gewöhnlich in den Holzzellen (bei der Eiche in diesen und in den

Gefässen) und nur selten in den Markstrahlzellen findet. Diese meist geschlängelt verlaufenden Fäden durchbrechen aber nicht selten die Wandungen der Zellen, wobei sie meist durch die Tüpfelräume hindurchgehen (Fig. 4), sondern sie drängen sich auch zwischen die Holzzellen und lockern so mechanisch das Gefüge des Holzes. Uebrigens scheinen zuerst immer die Markstrahlen zerstört und dadurch die Bündel der Holzzellen von einander gelöst zu werden. In Folge dessen tritt jene bereits erwähnte Zerfaserung des Holzes ein, welche das ganz roth- und nassfaule Holz stets zeigt. Die Verjauchung — denn von ihr rührt die nasse Beschaffenheit solch faulen Holzes her — wird jedenfalls durch die rasch fortschreitende Auflösung der Intercellularsubstanz und des Holzstoffes bedingt, denn in ganz nassfaulem Holz trifft man oft vollkommen isolirte, mehr oder weniger zerstörte Zellen oder Zellenbündel an, deren Membranen so zu sagen ausgelaugt oder macerirt sind. Und zwar haben solche ausgelaugte Holzzellen den Holzstoff theilweis eingebüsst, denn Chlorzinkjodlösung färbt sie stellenweis oder ganz und gar mehr oder weniger purpurblau. Beiläufig sei hier bemerkt, dass bei der Rothfäule eine Umwandlung der Cellulose in Bassorin, was bekanntlich Kützing bezüglich der Weissfäule behauptet, nicht vorkommt, wenigstens nicht so bald. Behandelt man nämlich rothfaules Fichtenholz, selbst schon sehr zerstörtes, mit Aetzkali, so färben sich die Zellenwände genau ebenso purpurblau resp. braunroth, und ihre Tüpfel blau, wie bei ganz gesundem Fichtenholz. Erst bei der völligen Zerfaserung der Zellwandungen scheint eine chemische Veränderung mit deren Substanz vorzugehen, indem die Fasern, in welche die Zellenwände sich lösen (Fig. 7) und die Molecule, in welche schliesslich diese Fasern zerfallen, auch nach dem Kochen in Aetzkali durch Chlorzinkjodlösung nicht mehr purpurblau, sondern gelblich gefärbt werden. Solche in der Zerfaserung begriffene Zellen sind häufig mit einer unter dem Mikroskop rothbraun erscheinenden, sehr undurchsichtigen, darmähnlich gewundenen und krumigen Masse dicht angefüllt, welche sich auch zwischen ihnen findet (Fig. 7) und vielleicht ein weiterer Entwickelungszustand des oben geschilderten, ganz ähnlich auftretenden Mycelium sein dürfte. Wo viele mit dergleichen Masse erfüllte Holzzellen neben einander liegen, da bilden sie speckige Schichten und Membranen von schwarzbrauner Farbe, welche im Stamm bald senkrecht stehen und mit den Grenzen der Jahrringe parallel

(also umgewandelte Schichten der Jahrringe selbst) sind, bald in radialer Richtung, aber stets schief von oben nach unten, oder umgekehrt, sich erstrecken und auf Radialschnitten des Holzes als schwarze, zackige Linien oder Streifen erscheinen. Beim Austrocknen rothfaulen Fichtenholzes verwandeln sich die senkrechten Schichten in harte, zerbrechliche Blätter von schwarzer Farbe. Bei der Zerstörung der Holzzellen tritt aber die eben geschilderte Zerfaserung nicht so bald ein, sondern erst zuletzt. Vielmehr beginnt die Auflösung der Zellwände mit Sprüngen und Rissen, welche sich in der Zellwand bilden, meist quer verlaufen und anfangs ganz fein sind. Man kann dies sehr schön sehen, wenn man durch Maceration isolirte und in Aetzkali ausgekochte Zellen mit Chlorzinkjodlösung behandelt, indem dann die Risse und Sprünge sich intensiver färben, als die unverletzten Stellen der Zellenmembran (Fig. 5). Später trennen sich diese Stücke, in welche die Zellwand zersprungen ist, mehr und mehr, schieben sich stellenweis wohl auch über einander oder fallen heraus und zerfliessen. Dergleichen Zellen gleichen dann unter dem Mikroskop der gesprungenen Eisdecke eines Flusses, wo auch die Schollen sich über und durch einander schieben und zwischen ihnen Löcher und Oeffnungen entstehen (Fig. 6).

Rothfaules Holz, welches stark von den fruchttragenden Pilzfäden durchzogen ist, zeigt meist eine schwärzliche Farbe. Bei genauerer Besichtigung gewahrt man oft schon mit blossen Augen, sehr gut stets mit der Loupe, dass diese Färbung von zahllosen schwarzen Strichelchen und Fleckchen herrührt, welche sich unter dem Mikroskop als Reihen und Anhäufungen von Sporangien zu erkennen geben. Die Schläuche, welche dieselben erzeugt haben, sind in solchen, bald sehr stark, bald nur wenig zerstörten Zellen (bisweilen ist das Holzgewebe noch ganz fest) oft schon verschwunden. Auch die in Folge der Zerstörung und Auflösung einzelner Zellen, namentlich der Markstrahlen, entstandenen Höhlungen sehen schwarz aus, weil sie von Sporangien mehr oder weniger erfüllt sind. Dergleichen zerstörtes Gewebe ist im stehenden Stamme stets von Jauche durchdrungen und von zahllosen verzweigten, ungegliederten, geschlängelten, üppig wuchernden Pilzfäden durchzogen, welche auch für sich allein grosse, bisweilen viele Fuss lange, stets senkrecht im Stamme sich erstreckende, mit Resten des Holzgewebes vermengte Massen von

weisslicher Farbe bilden. Die oft doppelt conturirten Wandungen dieser Pilzschläuche, welche hier und da kleine Kerne enthalten, namentlich an den Stellen, wo sie sich verzweigen oder seitliche Auswüchse gebildet haben, ihre keuligen Enden, ihre völlige Sterilität und ihr ganzes Ansehen unterscheiden diesen Pilz sehr wesentlich von dem holzzerstörenden und fructificirenden (Fig. 8). Da diese stets überaus schleimigen Pilzmassen mit den von Nyctomyces candidus Hart. in weissfaulen Eichen herrührenden, ebenfalls stets senkrecht im Stamme stehenden weissen Schwammschichten bezüglich der Gestaltung der Fäden, aus denen sie zusammengesetzt sind, völlig übereinstimmen, so muss ich jenen sterilen Pilz des verjauchten rothfaulen Fichtenholzes für identisch mit Hartig's weisser Nachtfaser erklären.

Wie entwickelt sich nun dieser unvollkommene, so üppig wuchernde Fadenpilz, der offenbar ein secundäres Gebilde ist und deshalb nicht die Ursache der Rothfäule sein kann, wenn er auch unzweifelhaft bei der endlichen gänzlichen Zerstörung des bereits völlig faulen Holzes wesentlich thätig ist? Was wird ferner aus den Früchten des andern Pilzes, welcher die Zerstörung des Holzgewebes veranlasst? Stehen beide Pilze in einem genetischen Zusammenhange oder nicht? — Die Beantwortung dieser Fragen hat sowohl wissenschaftliches als praktisches Interesse, denn sie allein vermag die Entwickelungsgeschichte beider Pilze aufzuhellen, ohne deren Kenntniss eine rationelle Verhütung der in technischer und finanzieller Hinsicht so bedeutsamen Rothfäule, wenn überhaupt möglich, ganz undenkbar ist. Denn so lange wir die eigentliche Ursache dieser Holzkrankheit und deren gesammten Entwickelungsgang nicht kennen, so lange werden wir auch im Dunkeln tappen bezüglich der Maassregeln, welche zur Verhütung oder Bekämpfung dieses Uebels zu ergreifen sind. — Nachdem ich mich lange Zeit vergeblich bemüht hatte, sowohl Keimschläuche des fructificirenden Pilzes aufzufinden als auch dessen Sporangien — die ich für einfache Sporen zu halten geneigt war — künstlich zum Keimen zu bringen, fiel es mir ein, die braune Jauche, welche sich in hohlwerdenden Stämmen ganz rothfauler Fichten ansammelt, mikroskopisch zu untersuchen. Wie gross war mein Erstaunen, als ich das ganze Gesichtsfeld von zahllosen beweglichen Punkten erfüllt sah, welche sich bei 600facher Vergrösserung unzweifelhaft als Schwärmsporen herausstellten (Fig. 11). Ausserdem befanden sich in dieser schwach

sauer reagirenden Jauche allerhand Reste von Markstrahlen und Holzzellen *), Fasern und Molecule aufgelöster Zellen, Stücke von Sporangiumschalen, an ihrer braunen Farbe leicht kenntlich, und zahlreiche verzweigte Pilzfäden derselben weissen Nachtfaser, welche das verjauchte Holzgewebe durchzieht und die oben geschilderten Schwammmassen zusammensetzt. Ohne nun die sehr zahlreichen Untersuchungen, welche diese zufällige Entdeckung veranlasste, zu schildern, will ich hier nur die bisherigen Resultate derselben, soweit sie sich auf die Entwickelungsgeschichte der beiden in Rede stehenden Fadenpilze beziehen, kurz mittheilen.

In der durch die Auflösung der Zellen entstandenen Jauche quellen die ab- und aus den zertrümmerten Zellen herausgefallenen, vollkommen reifen Sporangien des zerstörenden Pilzes allmälig auf, wobei sie nicht allein ihr Volumen sehr bedeutend vergrössern, sondern auch ihre Gestalt wesentlich verändern (Fig. 9, a). Endlich platzt die äussere Hülle, und es dringt die innere, vollkommen durchsichtige, wie es scheint, gallertartige Hülle mit dem in ihr eingeschlossenen, aus einer Menge von Körnern bestehenden Inhalt in Form einer runden, wegen des körnigen Inhalts gelblichen oder grünlichen, von einem breiten, farblosen Rande umgebenen Scheibe hervor (Fig. 9, b). Dergleichen Scheiben — natürlich Sphäroide — von verschiedener Grösse (denn auch die Sporangien variiren bezüglich ihrer Grösse sehr) finden sich in Menge in der Jauche. Bei starker Vergrösserung gewahrt man in vielen der darin enthaltenen, durchsichtigen, stark zusammengedrängten Körner dunkle rotirende oder überhaupt sich bewegende Punkte. Bald durchbrechen die Körner die sie umgebende Gallert-

*) Sehr häufig kommen in dieser Jauche einzelne ausgelaugte Holzzellenwände vor, welche reihenweis gestellte grosse runde Löcher besitzen, indem aus ihnen die „von Höfen umgebenen“ Tüpfel herausgefallen sind. Auch isolirte Tüpfelräume, als runde durchlöcherte Scheiben erscheinend, bisweilen sogar von Pilzfäden durchwachsen, habe ich mehrfach beobachtet. Ich habe deshalb die Ueberzeugung gewonnen, dass die sogenannten Tüpfelräume nicht nur eine eigene Membran besitzen, sondern in den Wänden aneinanderliegender Zellen eingefügt sind. Diese meine Beobachtung bestätigt die von Karsten bereits vor 20 Jahren beim Studium der Entwickelungsgeschichte des Holzes von Todocarpus und anderen Coniferen gemachte Entdeckung, dass die sogenannten Tüpfelräume (Porenbläschen Karsten's) wirkliche, nur nicht völlig entwickelte Zellen seien, welche zwischen ihren sich entwickelnden Schwesterzellen eingebettet sind. Vergl. Karsten's gesammelte Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen, S. 177.

hülle (oft scheint diese auch zu zerfliessen) und werden frei, worauf sie sich ebenfalls vergrössern (aufquellen?). Ein einziges Sporangium scheint deren eine grosse Anzahl enthalten zu können. Sie finden sich ebenfalls massenhaft in der Jauche, bald isolirt oder in regellosen Haufen, bald in perlschnurartigen Aggregaten, mehr oder weniger in formlosen Schleim, der wolkenartige Massen bildet, eingebettet (Fig. 10, a). Jedes solche Korn enthält eine bis zwei Schwärmsporen, welche bei bestimmten Einstellungen des Mikroskops bald als schwärzlich gefärbte Körperchen, bald als durchsichtige, gelbgrünliche, helle Körnchen erscheinen und sich lebhaft bewegen. Endlich durchbrechen sie die Membran der sie einschliessenden Zelle (?); der Umstand, dass letztere nun kein Loch, sondern blos einen hellen, undeutlich umschriebenen Raum oder Kern in ihrem Innern wahrnehmen lässt, scheint mir zu beweisen, dass auch ihre Hülle von gallertartiger Beschaffenheit sein muss. Die frei gewordenen Schwärmsporen sind kuglig, äusserst klein, mit kurzen gegenständigen Wimpern versehen. Wegen der lebhaften Bewegung der letzteren vermag ich nicht mit Bestimmtheit zu sagen, ob deren blos zwei, wie ich vermuthe, oder mehrere vorhanden sind. Nach dem Aufhören der Bewegung, welche theils eine rotirende, bald eine stossweis in gerader Richtung fortgehende ist, sind die Wimpern verschwunden. Wie lange die Bewegung der Schwärmsporen dauern möge, habe ich bisher noch nicht ermitteln können; da aber selbst eingetrocknete Schwärmsporen aus zerfasertem, aber trocken gewordenem Holz bei Befeuchtung wieder lebendig werden, so glaube ich, dass diese Schwärmsporen eine langdauernde Bewegung oder vielmehr eine solche von unbestimmter Dauer besitzen. Denn die im Wasser des Objectträgers befindlichen Schwärmsporen ziehen sich meist nach den Rändern des Tropfens, wo sie sich auf dem Glase festsetzen, viele hängen sich wohl auch an die Nachtfaserschläuche, auf welche sie zufällig stossen, an; ja, haben sich mehrere angehängt, so ziehen dieselben mitunter so stark an solchen Fäden, dass dieselben hin- und herschwanken. Das Merkwürdigste ist nun, dass diese Schwärmsporen nicht Keimschläuche treiben, sondern dass sie sich an einander reihen und durch einen eigenthümlichen Umwandlungsprocess aus solchen Sporenreihen Pilzschläuche werden und zwar die Schläuche des oben geschilderten weissen Nachtfaserpilzes. Soweit es mir gelungen ist, diesen interessanten Vorgang zu

beobachten, geschieht derselbe folgendermaassen: Sobald die Schwärmsporen sich zur Ruhe gesetzt haben, umgeben sie sich mit einer Schleimhülle (Fig. 12, a, b). Indem sich nun eine an die andere reiht und ihre sich in der Richtung der Reihe ausdehnenden Schleimhüllen mit einander verschmelzen, entstehen lange, zarte Fäden mit darin eingeschlossenen, entfernt stehenden, bald einzeln, bald paarweis vorkommenden Schwärmsporen, die nun je nach der Einstellung des Mikroskops als dunkle oder als helle und zwar gelbgrünliche Körner erscheinen (Fig. 12, a, b). Ob hier eine Art von Conjugation vorkommen mag oder ob das paarweise Auftreten der zur Ruhe gekommenen Schwärmsporen ein mehr zufälliges ist, vermag ich ebenso wenig anzugeben, als die Frage zu beantworten, ob sie Schleimfäden sind oder hohle Schläuche. Im letzteren Falle müssten auch sie äusserst dünne Wandungen besitzen, denn sie erscheinen auch bei der stärksten Vergrösserung einfach conturirt. Oft verzweigen sich schon diese äusserst zarten Fäden, und dann liegen an der Theilungsstelle, ebenso da, wo sich seitliche Auswüchse bilden, meist zwei Schwärmsporen oder Körner neben einander. Die Enden der Fäden und ihrer Verzweigungen sind stets keulig verdickt (Fig. 12, a). Indem sich nun entweder die Körner immer näher an einander drängen oder immer mehr Schwärmsporen an einen solchen Schleimfaden anlegen, entstehen stärkere, mit dicht gedrängten Körnern erfüllte oder besetzte Fäden, die oft sehr höckerig (Fig. 12, c) und bisweilen von einer dicken Schleimhülle umgeben erscheinen (Fig. 12, d). Allmälig verschwinden (zerfliessen?) die Körner, während der Faden sich zu verdicken und zu verzweigen fortfährt und zuletzt nur noch hier und da ein Körnchen vorhanden ist. Dafür sind nun die meist geschlängelt verlaufenden und stellenweis höckerigen Fäden offenbar zu hohlen Schläuchen geworden, denn sie zeigen bei starker Vergrösserung deutlich doppelt conturirte Wandungen (Fig. 13). Diese Schläuche sind vollkommen identisch mit denjenigen, welche das zerfaserte nassfaule Holz durchdringen und in den entstandenen Hohlräumen des Stammes die mächtigen weissen Schwammmassen des Nyctomyces candidus bilden.

Es fragt sich nun: was wird aus dieser weissen Nachtfaser? Sie kann doch unmöglich die höchste Entwickelungsstufe des die Sporangien erzeugenden Pilzes sein, da sie immer steril ist; auch hat sie viel mehr das Ansehen eines fortwuchernden Myceliums, als eines

vollkommenen Fadenpilzes. Wie entsteht ferner der holzzerstörende, fructificirende Pilz? Eine Umwandlung der Holzfaser in das feinfädige Mycelium dieses Pilzes oder überhaupt in Pilzsubstanz anzunehmen, welcher Ansicht Hartig noch jetzt bezüglich seiner Nachtfasern, sowie anderer Entophyten zu huldigen scheint, ist bei dem gegenwärtigen Standpunkte der Naturforschung, nach welchem eine Urzeugung selbst bei den niedrigsten Pilzen und Algen kaum zulässig erscheint, nicht anzunehmen. Demgemäss müsste dieser Pilz von aussen in den Baum gelangen und aus bis jetzt noch nicht entdeckten Sporen oder Keimschläuchen von Sporen entstehen. Auf die Erforschung dieses Punktes und die Aufklärung der Entwickelungsgeschichte des holzzerstörenden Pilzes werden sich die ferneren Untersuchungen über die Rothfäule zunächst zu richten haben. Ob ich auch in dieser Beziehung vielleicht schon eine Entdeckung gemacht habe, wird die Zukunft lehren, verschweigen will ich aber hier nicht, dass in dem ganz rothfaulen, zerfaserten und verjauchten Fichtenholz, welches von Sporangien wimmelt und von den Fäden der weissen Nachtfaser durchzogen ist, noch ein zweiter und zwar fructificirender Hyphomycet vorkommt, welcher sich durch die prächtig dunkelblaue Farbe seiner sporentragenden Schläuche und der Sporen selbst, sowie durch deren Structur ganz wesentlich von dem holzzerstörenden Pilze unterscheidet. Er besteht nämlich aus langen verzweigten Schläuchen, welche wegen ihrer doppelt conturirten Wandungen den Nachtfaserschläuchen ähneln, sich aber durch ihre Gliederung und Färbung von jenen sofort unterscheiden. Innerhalb dieser Schläuche, deren doppelt conturirte Seitenwandungen bräunlichgelb sind, während die dem Auge zugekehrte Wandung violettblau oder schwarzviolett ist, liegen heller violette Körnchen in einer einfachen Reihe (Fig. 16). Hin und wieder entsenden diese Schläuche steife, bald ganz einfache, bald am Grunde gegliederte Aeste, welche die Sporen zu erzeugen scheinen (Fig. 14). Letztere stehen bald einzeln, bald gebüschelt an der Spitze, doch auch an den Seiten solcher Aeste (Fig. 15, 17); sie sind verkehrt eiförmig länglich und mit drei Scheidewänden versehen (Fig. 17, 18). Es kommen ganz undurchsichtige, sehr dunkel gefärbte, und durchsichtige, heller gefärbte (entleerte?) Sporen vor; in letzteren macht sich eine fein granulöse Masse bemerklich (Fig. 18). Es hat mich nun einige Male bedünken wollen, als ob die septirten Hyphen dieses Pilzes in der der Fructification

entgegengesetzten Richtung blässer, ja ganz farblos würden und dieselben aus den verfilzten Fäden der Nachtfaser hervorwüchsen. Sie mit letzteren herauszuziehen, ist mir noch nicht gelungen, weshalb ich weder angeben kann, ob sie mit der Nachtfaser im organischen Zusammenhange stehen oder nicht. Sollte ersteres wirklich nachgewiesen werden, so würde man diesen schöngefärbten Pilz als eine zweite und wahrscheinlich als die höchste Entwickelungsstufe des holzzerstörenden Pilzes und die aus dessen Schwärmsporen entstehenden Nachtfasern als das Mycelium jenes Pilzes betrachten müssen. Die septirten Sporen des letzteren habe ich vereinzelt in dem verjauchten, zerfaserten Holzgewebe, in grosser Menge einmal in dem schwarzen Ueberzuge an der inneren Fläche eines durch die Rothfäule hohlgewordenen Fichtenstockes angetroffen; was aus ihnen wird, ist mir unbekannt.

Dies sind die hauptsächlichsten Resultate meiner bisherigen, auf vielfach wiederholten mikroskopischen Boobachtungen beruhenden Untersuchungen über die Rothfäule der Fichte. Möge es mir oder Anderen gelingen, diese ebenso interessante als complicirte Krankheit vollständig aufzuklären! Jede Mittheilung darüber, möge eine solche meine Beobachtungen bestätigen oder nicht, werde ich mit Dank entgegennehmen. Zum Schlusse will ich noch ein paar Bemerkungen über die systematische Stellung der beiden von mir entdeckten fructificirenden Fadenpilze beifügen. Da ich selbst nicht Mykolog bin, und für einen Laien bei dem jetzigen Stande der Mykologie es sehr schwer, ja fast unmöglich ist, einen unbekannten Hyphomycet zu bestimmen, so habe ich Herrn Dr. Rabenhorst ersucht, dies an meiner Statt zu thun. Derselbe hat beide Pilze für neu erklärt, und zwar den sporangientragenden für eine neue Art der Gattung Xenodochus, die ich Xenodochus ligniperda nennen will. Den andern Pilz hält Rabenhorst für eine ganz neue Gattung, welche mit Nodulisporium, Scolicotrichum, Acrothecium, Spondylocladium u. a. verwandt ist. Ich möchte für ihn den Namen Staphylosporium violaceum vorschlagen.

Erklärung der Figuren.

Alle Figuren sind mit der Camera lucida gezeichnet, und ist bei jeder die Vergrösserung bemerkt.

Figur 1. Stück einer durch Maceration isolirten Holzzelle mit fruchttragenden Fäden des Xenodochus ligniperda. Einzelne Pilzfäden haben die Seitenwandung durchbrochen.

Figur 2. Schlauch von Xenodochus, der sich in Sporangien abzuschnüren anschickt, aus rothfaulem Eichenholz.

Figur 3. Sporangientragende Aeste des Xenodochus aus rothfaulem Fichtenholz.

Figur 4. Stück einer isolirten Holzzelle mit durchbrochenen Tüpfeln, durch deren einen ein Pilzschlauch des Xenodochus gewachsen ist.

Figur 5. Stück einer weiten, durch Maceration isolirten, mittelst Aetzkali ausgelaugten und mit Chlorzinkjodlösung behandelten Holzzelle aus rothfaulem Fichtenholz. Man sieht die feinen Risse, welche sich in der Zellenwand gebildet haben, auch Reste von Schläuchen, sowie Sporangien des Xenodochus.

Figur 6. Stücke dreier noch verbundener, aber sehr zerstörter Holzzellen. Die radialen Wandungen sind zertrümmert.

Figur 7. Stücke zweier Holzzellen aus ganz faulen, eine schwarzbraune speckige Masse bildenden Fichtenholzschichten. Die Zellenwände sind in der Zerfaserung begriffen, ihr Lumen ist mit darmähnlicher Pilzmasse erfüllt, die sich auch zwischen die Zellen gedrängt hat. Bei *a* eine Zellwandfaser, im Zerfallen in Molecule begriffen, stärker vergrössert.

Figur 8. Ein verzweigter Schlauch der weissen Nachtfaser, welche das ganz zerfaserte und verjauchte rothfaule Fichtenholz durchzieht und das schleimige, weisse Schwammgewebe bildet.

Figur 9. *a* in der Umgestaltung begriffene, *b* aufspringende Sporangien des Xenodochus ligniperda.

Figur 10. Keimkörner, welche den Inhalt der Sporangien bilden und aus denselben herausgetreten sind.

Figur 11. Einige derselben stärker vergrössert, zum Theil mit ausschlüpfenden Schwärmsporen. Daneben ausgetretene Schwärmsporen.

Figur 12. *a* ein Schleimfaden mit darin eingeschlossenen Schwärmsporen; *b* ein anderer mit dicht an einander gereihten Schwärmsporen, bei † noch in der Bildung begriffen; *c* ein anderer weiter entwickelter mit zweireihig angeordneten (ruhenden) Schwärmsporen; *d* ein dergleichen in Schleim eingehüllt.

Figur 13. Theil eines fertigen, aus den Schwärmsporen hervorgegangenen Schlauches der Nachtfaser.

Figur 14, 15. Sporentragende Schläuche des Staphylosporium violaceum.

Figur 16. Theil eines solchen Schlauches, stärker vergrössert.

Figur 17. Sporentragender Ast mit undurchsichtigen Sporen, stärker vergrössert.

Figur 18. Abgefallene, durchsichtige (entleerte?) Sporen.

Beitrag zur Kenntniss der Mohrrübe.

Von

Dr. Froehde und Paul Sorauer. *)

Tafel III. u. IV.

Erste Entwicklung aus dem Samen.

Im Samen erkennt man den von seinem Eiweiss umschlossenen Embryo, welcher deutlich die Cotyledonen und das Würzelchen mit seiner Wurzelmütze zeigt. Dieser Embryo, aus einem centralen Cambiumcylindergewebe und einem etwas weitzelligeren Rindengewebe bestehend, lässt kein eigentliches parenchymatisches Mark erkennen. — Während der Keimung entstehen in diesem Cambiumcylinder 2 Spiralgefässe, die sich zuerst in dem Stengelchen an der Grenze der Cotyledonen und des Würzelchens, dessen Epidermis schon mit Spaltöffnungen versehen ist, zu erkennen geben und einerseits in das Würzelchen, andrerseits in die Cotyledonen sich verlängern. — Zwischen diesen beiden Spiralgefässen bleibt eine meist einfache Zellenreihe an Stelle des Markes stehen und bildet das eigentliche Centrum der Wurzel (Taf. III. Fig. 1. m.) Die Zellen dieser centralen Reihe vermehren sich in vielen Fällen noch etwas durch endogene Bildung, in andern bilden sich dieselben jedoch zu einem porös-spiralig verdickten Gefässe aus, welches bedeutend weiter ist, als die primären Spiralgegefässe (Fig. 2. m.) Auf gleiche Weise entstehen diametral auf einander folgend weitere Gefässe mit porös-spiraliger Verdickung ähnlich dem

---

*) Der chemische Theil der Arbeit ist ausschliesslich von Froehde, der anatomische vorzugsweise von Sorauer bearbeitet.

mittleren, so dass ein auf dem Querschnitt (Taf. III. Fig. 2) als Linie erscheinendes Gefäss-Band entsteht.

Auf diese Weise sind scheinbar die beiden Gefässbündel zu einem centralen vereinigt; in dem unteren, jüngeren Ende bleiben sie jedoch stets getrennt.

Die Wurzel verlängert sich ausserordentlich rasch und zwar ist der am stärksten wachsende Theil nicht die äusserste Spitze selbst, wie man vielleicht vermuthen könnte, sondern der der untersten Spitze zunächst angrenzende Theil, wie dies schon Ohlert in der Linaea 1837 gesagt hat.

Ohlert war jedoch mit der eigentlichen Entwicklungsweise der Zellen zu Gewebearten noch nicht vertraut und es lag auch nicht in der Richtung seiner Untersuchungen, auf diese Verhältnisse näher einzugehen. Die typische, in gleicher Weise bei allen Gefässpflanzen durchgeführte Entwickelung der Wurzel ist überhaupt erst 1847 durch Karsten's Arbeit über die Palmen klar dargelegt worden (s. Karsten: Gesammelte Beiträge pag. 118).

Karsten zeigte, dass das Wachsthum der Wurzel zum Theil in der grossen Zellenvermehrung der innerhalb der Wurzelmütze gelegenen cambialen Spitze, zum Theil, und zwar vorzugsweise, in der Längsstreckung der schon gebildeten Zellen zu suchen sei. Da diesen Untersuchungen hier nichts Neues hinzuzufügen ist, mag hiermit auf die citirte Arbeit verwiesen werden.

Fernere Entwicklung der Wurzel.

Die Zellen des umfangreichen Cambiumcylinders fahren fort, sich zu vermehren, wobei die der Rinde zunächst liegenden Zellen dieses Cylinders sich allmählig zu Rindenparenchym ausbilden und so den Anfang zur Bildung der secundären Rinde machen (Taf. III. Fig. 2.). Eine Sonderung der primären Rinde in Aussen- und Innenrinde, wie Schacht sie beschreibt, konnte nicht beobachtet werden, da die bald sich bildenden Korkschichten nicht dahin zu rechnen sind (Taf. III. Fig. 2).

Inzwischen entstehen an jeder Seite des ursprünglich central scheinenden Gefässbündelbandes neue Gefässe, bei deren Bildung jedoch eine Richtung besonders vorherrschend ist, nämlich die an den beiden Enden des Gefässbündel-Bandes (III. Fig. 2. von g—g). Oft

zwar geht die Neubildung der Gefässe auch in der ersten Zeit an den breiten Seiten des Bandes vorzugsweise vor sich, so dass auf dem Querschnitt aus dem ursprünglichen Bande eine rundliche oder quadratische Gefässbündel-Figur entsteht, durch welche sich als trennende Schicht der aus der ursprünglich einfachen centralen Zellenreihe entstandene, primäre Markstrahl zieht (Taf. III. Fig. 1). An den vier Ecken dieses meistens vierseitigen scheinbar centralen Gefässbündels entstehen nun in gewissen Längenabständen kleine Gruppen in stärkerer Zellenbildung begriffenen cambialen Gewebes, welche sich nach der Wurzeloberfläche hin ausbreiten. In ihrem Centrum entstehen neben den porösen Gefässen des Haupt-Gefässbündels, Spiralgefässe, welche gleichfalls eine horizontale Lage annehmen und bald als der Anfang des Holzkörpers eines Wurzelastes (Wurzelfaser) erkannt werden können, welcher sich aus jenen Cambiumzellen-Gruppen hervorgebildet hat. (Taf. III. Fig. 6).

Auf diese Weise erscheinen die Wurzelfasern regelmässig in vier verticalen Reihen, die aus bis jetzt unbekannten Gründen zuweilen eine spiralige Drehung zeigen. Oft aber ist auch die gesetzmässige Anordnung ganz verdeckt.

An den Narben-Stellen dieser dann abgestorbenen Wurzelfasern entspringen im zweiten Jahre, nachdem die Wurzel herausgenommen und wieder eingepflanzt wurde, ganze Wurzelfaserbüschel, die ebenso deutlich und noch deutlicher die zeilige Anordnung zeigen.

Aehnliche Verästlungen bilden sich, wenn die eigentliche Wurzelspitze zu Grunde gegangen ist, an der verletzten Stelle. Die einzelnen Fasern dieser sich bildenden Wurzelbüschel verdicken sich in der Regel nicht, sondern bleiben fadenförmig; zuweilen jedoch tritt eine Verdickung einzelner Fasern und somit eine Verästelung der fleischigen Hauptwurzel ein.

In der Hauptwurzel schreitet die Bildung von Gefässen ununterbrochen fort; dieselben legen sich jedoch nicht unmittelbar an die älteren, sondern bleiben durch parenchymatisches Gewebe von einander getrennt und erscheinen auf dem Querschnitt ungleichmässig vertheilt. Gleichzeitig mit der neuen Gefässbildung im innern centralen Theil geht die Bildung der secundären Rinde und des Holzkörpers vor sich. Ursprünglich nämlich finden wir, wie oben bemerkt, in der Wurzel einen umfangreichen centralen, cambialen und einen ihn um-

gebenden schmäleren peripherischen, parenchymatischen, Gewebe-Cylinder. In dem Innern sehen wir schon bei der Keimung Gefässe entstehen und erkennen, dass dieser Theil noch bildungsfähig ist; der eigentliche Bildungsheerd der später entstehenden Wurzelzellen aber, durch den die hauptsächlichste Vergrösserung der Wurzel stattfindet, ist der am meisten nach der Peripherie hin liegende Theil dieses cambialen Cylinders (Taf. III. 2 c. und dem entsprechend 5 c). In dieser dünnen Schicht zwischen der Rinde und dem inneren Cylinder bilden sich neue Zellen, welche auf der centralen Seite den Holzkörper (III. 5b. IV. 3b), auf der peripherischen den Rindenkörper verstärken helfen (III. 5d. IV. 4d). Dieser aus den neuentstandenen Holz- und Markstrahlzellen gebildete radial geordnete Holzkörper ist bei der cultivirten Mohrrübe von anderer Beschaffenheit als bei der wilden, obgleich die Entstehung desselben bei beiden eine gleiche ist. Während bei der cultivirten die den Holzkörper zusammensetzenden Zellen dieselbe parenchymatische Beschaffenheit wie das übrige in Parenchym übergegangene cambiale Gewebe des inneren Cylinders zeigen und nur etwas länger vertical gestreckt sind (Taf. IV. Fig. 5 a u. b) nehmen die im Lumen engeren, dickwandig werdenden Holzzellen der wilden Mohrrübe eine spindelförmige Gestalt an (Taf. IV. Fig. 5 b vergl. mit III. 6 b). Den in dem Holze auftretenden Gefässen entsprechend, entstehen in der secundären Rinde in demselben Radius mit diesen sehr zartwandige, in ihrem verticalen Verlaufe mannigfach hin und her gebogene Milchsaftgefässe, welche im zweiten Jahre (dem der Blüthenentwicklung) die Centra einer allmählig eintretenden Resorption einzelner Zellenpartien werden.

In der Nähe der in Resorption begriffenen Milchsaftgefässe wachsen schon zu Ende des ersten Jahres, wenn die Resorption beginnt, die die Milchsaftgefässe umgebenden Zellen der secundären Rinde bedeutend aus, wobei sich in ihrem Innern deutlich Tochterzellen bilden. Man darf wohl daraus entnehmen, dass diese Verflüssigung von Zellwänden nicht eine rein physikalisch-chemische, sondern noch eine organische, eine gesteigerte Wachsthumsthätigkeit der Zelle ist oder vielmehr damit beginnt (man vergl. Karsten: Gesammelte Beiträge pag. 111).

Die dem Milchsaftgefässe zunächst liegenden kein Stärkemehl führenden Zellen gehen zuerst in die Resorption und Harzbildung ein und geben auf diese Weise Raum für die auswachsenden, Stärke führenden Parenchymzellen.

Die Dicke des Holzcylinders ist sehr charakteristisch für die verschiedenen Mohrrüben-Sorten; indem derselbe bei der wilden einen sehr grossen Theil der Wurzel einnimmt und nur wenig parenchymatisches Gewebe einschliesst, wogegen das markähnliche centrale Parenchym an Ausdehnung bedeutend bei der cultivirten zunimmt, auf Kosten des sehr schmalen Holzcylinders. (Vergl. Taf. III. Fig. 5 u. 6 mit Taf. IV. Fig. 3 u. 4, 5 u. 6). Die Gefässstränge sind aus Gefässen zusammengesetzt, die durch Resorption der Scheidewände porösspiralig verdickter Zellen entstanden sind (Taf. IV. Fig. 7b).

Die Markstrahlenzellen sind theilweise kubisch, nur schwach radial gestreckt; sie liegen in einfachen oder mehrfachen Zellenschichten, welche bei der wilden durchschnittlich eine Breite von 3 und eine Höhe von 13—17 Zellen erreichen, und setzen sich auch in die secundäre Rinde fort, ja erreichen fast die primäre, in deren Nähe diese Zellen nicht mehr von den umgebenden Rindenzellen zu unterscheiden sind, da sie sich dort etwas ausdehnen und dann mehr oder minder die Form derselben annehmen.

Die Zellen der Aussen- und Innenrinde (der primären und secundären) unterscheiden sich äusserst wenig von einander: diejenigen der Innenrinde sind schwach vertical gestreckt, die der Aussenrinde polyedrisch und in ihren äussersten peripherischen Schichten schwach tangential gestreckt und so allmählig in die Korkschicht übergehend, welche die Wurzeln bekleidet. In der zweiten Vegetationsperiode, während der Blüthe, werden einzelne Partien der secundären Rinde, sowie des markähnlichen Holzkörpers resorbirt, und es entstehen, wie schon gesagt, in diesen Geweben der Wurzeln im zweiten Jahre mehr oder minder unregelmässige vertical gestreckte und endlich sich vereinigende Lücken.

Bisher sind in den Mohrrüben folgende organische Stoffe beobachtet worden: Cellulose, Pectin, Stärkemehl, Zucker, Mannit, Carotin, Hydrocarotin, an mehrere Farbestoffe gebunden (beide höchst wahrscheinlich unreines Cholsterin), Fette und ätherische Oele, Apfelsäure, ein nicht genau erkannter Stoff, vielleicht Asparagin, ausserdem noch Kalk und Kali mit Chlor- und Phosphorsäure.

Das Pectin hat sich bei dem Mangel eines untrüglichen Reagenz seither der sichern Erkennung entzogen; vermuthen lässt sich aber, dass es als Assimilationsproduct der Zellwand entstanden und in

ähnlicher Weise in der Zellwand enthalten ist, wie Karsten dies 1847 vom Wachs nachgewiesen hat. (Gesammelte Beiträge pag. 107, 248, 313.)

Genaue Arbeiten über diesen Stoff, sowie über die Entstehungsart des Zuckers, müssen der nächsten Zeit vorbehalten bleiben. Das Asparagin und die Säure, die, nach der Kristallform zu schliessen, Apfelsäure ist, kristallisiren, wenn man ein Stückchen Mohrrübe in wässrige Ammoniaklösung legt, in schönen Kristallen heraus; letztere ist wahrscheinlich als saurer apfelsaurer Kalk vorhanden und kristallisirt aus der ammoniakalischen Flüssigkeit als basisches Salz aus.

Stärkegehalt der Mohrrübensorten.

Auf den Stärkegehalt der Mohrrüben ist bei früheren Untersuchungen schon mehrfach Rücksicht genommen worden; schon Vauquelin und Bouchardat geben an, dass man aus der gewöhnlichen Mohrrübe eine sehr geringe Menge Stärke erhalte, dass der Gehalt überhaupt sehr veränderlich sei und dass einige Untersuchungen darauf sogar ein negatives Resultat gegeben hätten. C. Schmidt (Annalen der Chemie und Pharm. B. 83. S. 115) fand, dass die Mohrrübe Rohrzucker und zwar 7,19 – 8,23 pCt. dagegen gar kein Stärkemehl enthalte. Trommer erhielt aus der Mohrrübe circa 1 pCt. Stärkemehl. Die übrigen Analytiker bestimmten die Menge der Stärke gar nicht, sondern berechneten nur die Menge der Kohlenhydrate (Zucker, Pectin, Cellulose) durch Abzug des Eiweisses von dem festen Rückstande.

Zahlreiche mikroskopische Untersuchungen ergaben, dass die einzelnen Mohrrübensorten von einer verschwindend kleinen Menge bis zu mehreren Procent Stärke enthalten und dass bei der Bestimmung der Stärke jedenfalls die Jahreszeit in Betracht zu ziehen ist, da die Wurzeln im Herbst am meisten Stärke enthalten.

Die Vertheilung derselben ist im Allgemeinen der Art, dass die meiste Stärke in der Rinde und den Markstrahlen, von aussen nach innen zu abnehmend, abgelagert ist. In der Rinde selbst enthält die primäre weniger, die secundäre die Hauptmenge und zwar ist sie in den jüngsten in der Nähe des Cambiumcylinders befindlichen Rindenzellen in grösster Menge enthalten; deshalb auch an den Ursprungsstellen der Nebenwurzeln.

Die Grösse der einzelnen Körner ist sehr verschieden; einige Sorten enthalten sehr kleine, andere grössere Körner; sie sind entweder

rund und liegen meist einzeln, doch kommen auch zu mehreren an einander geklebte, dann kantige, ziemlich häufig vor. Wenn die Mohrrüben Wurzeln und Blätter treiben, lässt sich in den resorbirt werdenden einzelnen Körnchen ein dunkler Kern beobachten.

Nach ihrem im Herbst gefundenen Stärkegehalt bilden die Sorten nachstehende Reihenfolge, wenn wir mit den an Stärke reichsten beginnen.

1) Die wilde Mohrrübe: enthält gegen 70 pCt. ihres Trockengewichtes, indem das Rinden-Gewebe mit Stärkemehl gänzlich angefüllt ist und auch im Holzkörper sich etwas findet.

2) Altringham-Möhre: Stärkekörner gross und zahlreich. In der äussern Rinde weniger als in der innern und in dieser wieder in dem am Cambium angrenzenden Theile am meisten. Das markähnliche Holz-Parenchym zeigt einige wenige Körner.

3) Weisse Pferdemöhre: Sehr zahlreiche Stärkekörner (7—8 pCt. nach mikroskopischer Schätzung). Durch Pilze (Sporidesmium und Helicosporangium) erkrankte Exemplare zeigten denselben Stärkereichthum.

4) Englische kurze durchsichtige Carotte: Sehr viel Stärke (6—7 pCt.).

5) Gelbe Möhre: Zahlreiche kleine Stärkekörner, deren grösste Menge in der Nähe des Cambiums.

6) Gelbe Darsser-Möhre: Sehr kleine Körner in ziemlicher Quantität, besonders in den Markstrahlen ziemlich reichliche Mengen von Stärkekörnchen in mittlerer Grösse; der Holztheil zeigt deren sehr wenige. Hier sind drei und mehr Körnchen oft mit einander verklebt.

7) Mohrrübe von Breteuille: Grosse Drusen und zahlreiche Körnchen in der Rinde.

8) Bamberger Carotte: Kleine Körnchen in nicht sehr bedeutender Anzahl:

9) Violette Mohrrübe: In der Nähe des Cambiums zeigt die secundäre Rinde eine nur geringe Menge kleiner Körnchen; die meiste findet sich in der Nähe des Cambiums der Wurzeläste. Das Resultat war dasselbe bei hiesigen, Eldenaer und Erfurter Exemplaren, die sowohl im Anfang des Winters als auch zu Ende desselben untersucht wurden.

10) Grünköpfige rothe Mohrrübe: In den Markstrahlen ziemlich reichliche Mengen.
11) Allerkürzeste rothe Mistbeetcarotte: Wenig in den Markstrahlen.
12) Gewöhnliche Berliner Mohrrübe: Wenige sehr kleine Körnchen. Resultat im Herbst und Winter gleich.
13) Braunköpfige Carotte: Wenig Körner in den Markstrahlen.
14) Carotte von Surrey: Wenig Stärkemehl.
15) Neue verbesserte rothe grünköpfige Mohrrübe (Eldenaer): Wenige kleine Körnchen.
16) Lange rothe Braunschweiger Mohrrübe: Selten zeigen sich vereinzelte Körnchen.
17) Holländische blassgelbe Carotte: Einzelne Körnchen.
18) Grünköpfige weisse Mohrrübe: Sehr wenige vereinzelte Körnchen in der secundären Rinde.
19) Duwicker Carotte: Spuren von Stärke.

Aus dieser Reihe geht hervor, dass die beliebtesten Speisesorten die geringste Menge Stärke enthalten; die Futterrüben dagegen sich am meisten der wilden nähern. Gehen wir nun zur genaueren Betrachtung des Carotins und untersuchen erstens:

Physikalische Eigenschaften der rothen Kristalle.

Die rothen Kristalle, welche sich in dem Gewebe der Mohrrübe finden, erscheinen gewöhnlich in nach einer Richtung vorzugsweise verlängerten Täfelchen oder als Nadeln, deren Endflächen meistens nicht recht deutlich ausgebildet, in einigen Fällen jedoch als schiefe Endflächen zu erkennen sind, so dass ein sehr lang ausgedehntes Rhomboid und verschiedene Ableitungsformen desselben, die unter dem Mikroskope als Dreiecke, Vier- und Fünfecke erscheinen, gebildet werden. Die Nadeln finden sich theils vereinzelt, neben einander liegend und sich durchkreuzend, zuweilen in Drusen, oder es gruppiren sich auch um einige Nadeln unregelmässige Körperchen, die dieselbe Farbe wie die Kristalle besitzen.

Diese Farbe ist gewöhnlich ziegelroth oder mennigroth, bisweilen sehr lebhaft und geht auch nicht selten in Rosenroth oder Violett über. In einigen Möhrensorten hat sich die Farbe in Fleischroth oder Blassroth umgeändert und verblasst bisweilen so weit, dass die Kri-

stalle beinahe weiss erscheinen und man bemerkt, wiewohl selten, derartig abgeblasste Kristalle, dass ein Ende derselben fast weiss, während das andere noch schwach röthlich gefärbt erscheint. Die Färbung der rothen Kristalle ist nicht beständig; lässt man einen feinen Schnitt dem Sonnenlichte ausgesetzt, so verliert sich die Farbe aus den Kristallen, die man nachher als weisse Körperchen nur mit Mühe auffinden kann.

Sehr schnell kann man die Farbe verschwinden machen, wenn man die Schnitte mit unterchlorigsaurem Natron behandelt. In den grünköpfigen rothen Sorten findet man bisweilen, jedoch sehr selten, einige Kristalle in grünlicher Färbung.

Gehalt der verschiedenen Mohrrübensorten an rothen Kristallen.

Die Kristalle finden sich nicht bei allen rothen Sorten in gleicher Zahl, gleicher Gestalt, gleicher Grösse und Farbe, noch sind die einzelnen Theile derselben Wurzel gleich reich daran; daher mag jetzt eine kurze Angabe des Gehaltes an diesen Kristallen erfolgen. Am reichsten an Kristallen erscheinen:

1) Carotte von Surrey: Ausgezeichnet durch den lebhaft roth gefärbten, wirklichen und markartigen Holzkörper, während der Rindentheil hell fleischroth ist. Die Kristalle finden sich auch deutlich in den Markstrahlen. Die des markartigen Holzkörpers sind bisweilen rosenroth oder violettroth, die der Rinde gewöhnlich fleischroth, gelblich roth oder abgeblasst.
2) Holländische Mistbeetcarotte: Grosse zahlreiche Kristalle überall; die Form derselben ist oft rhombisch.
3) Braunschweiger Mohrrübe: Zahlreiche Kristalle im Rinden- und Holzkörper; im letzteren zeigen sich hier und da grosse Rhomben. No. 1 und 3 zeigen einen besonders lebhaft rothgefärbten markartigen Holztheil.
4) Mohrrübe von Breteuille: Grosse Kristalle sowohl in der Rinde, wie im Holztheil; letztere meistens kleiner wie erstere. Einzelne der Kristalle sind grösser, schwach gefärbt oder beinahe farblos.
5) Gewöhnliche Berliner Mohrrübe: Zeigt zahlreiche Kristalle sowohl in der Rinde, wie im Holzkörper; meistens sind es Na-

deln, theils ohne schief abgeschnittene Spitzen, theils wenigstens an einer Seite mit schief abgestutzter Endfläche; bisweilen sind es Dreiecke oder den Dreiecken nahekommende Trapeze.

6) Duwicker Carotte: Grosse Kristalle, die nach der Spitze der Wurzel zu an Grösse abnehmen.

7) Neue rothe grünköpfige verbesserte Mohrrübe: Kristalle von matter Farbe und fleischroth.

8) Braunköpfige Mohrrübe. Die Kristalle meist rhombenförmig.

9) Altringham-Mohrrübe: Wenig Kristalle in der Rinde und im Holztheil; sie sind blass gefärbt, und statt ihrer sieht man im markartigen Holze kleine Körperchen von blassrother Farbe.

10) Bamberger Carotte: Innerer markartiger Holztheil sehr breit und lebhaft gelb; ausgebildete Kristalle nur in der Rinde bemerkbar.

11) Violette Mohrrübe: Keine deutlichen rothen Kristalle; der Holztheil erscheint lebhaft gelb.

Vergleicht man nun die Reihen über den Stärkegehalt und über den Reichthum an Kristallen, um eine Beziehung zwischen beiden Körpern hinsichtlich ihrer Menge zu finden, so ergiebt sich nur ein negatives Resultat. Es geht aus der Vergleichung nicht hervor, dass die an Kristallen reichste auch die an Stärkemehl reichste, oder umgekehrt die ärmste an diesem Stoffe sei; denn die Altringham-Mohrrübe enthält z. B. sehr wenig Kristalle und sehr viel Stärkemehl, und die Mohrrübe von Breteuille zeigt bei fast ebenso grossem Stärkegehalt ziemlich viele und grosse Kristalle. Ueberdies finden sich die rothen Kristalle im Holzparenchym, wo keine Stärke auftritt.

Chemische Natur der „Carotin" genannten rothen Kristalle.

Die chemische Natur der Kristalle geht aus folgendem Verhalten derselben gegen Reagentien hervor. Durch concentrirte Schwefelsäure werden nämlich die Kristalle schön dunkelblau gefärbt, während die verdünnte Säure nur eine lebhaftere Färbung hervorruft. Daher entstehen bei einem noch saftreichen Schnitt violette oder lila Färbungen, wenn man englische Schwefelsäure auf denselben einwirken lässt. Jod und Schwefelsäure sowie Chlorzinkjodlösung färben die Kristalle ebenfalls blau. Dasselbe bewirkt auch Jodglycerin; Jodlösung dagegen färbt sie grünlich, indem die Einwirkung des Jods sich nur auf die

Oberfläche erstreckt und das Blau der Oberfläche mit dem ursprünglichen Gelb sich zu Grün combinirt. Eisenchlorid und Salzsäure rufen an den Kristallen ebenfalls eine blaue Färbung hervor; betupft man die Schnitte mit einer Lösung von schwefelsaurem Eisen, hierauf mit Salzsäure und erwärmt gelinde, so gelingt es bisweilen, eine schöne himmelblaue Färbung hervorzurufen.

Durch diese Reactionen erweisen sich die Kristalle auch in chemischer Hinsicht als ein sehr wohl charakterisirter Körper. Sie stellen sich denjenigen Stoffen des Pflanzenreichs an die Seite, die sich wie Stärke, Cellulose u. s. w. sehr bestimmt nachweisen lassen.

Von den angegebenen Reactionen führt die mit concentrirter Schwefelsäure darauf, dass die Kristalle derselbe Stoff sind, welchen schon Vauquelin *) beobachtete, den Wackenroder **) in kristallinischer Form erhielt und Carotin nannte, Zeise ***) und zuletzt Husemann seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften nach weiter untersuchten und analysirten und von dem hier gleich vorweg gesagt sein möge, dass er nach den weiter unten angeführten Untersuchungen höchst wahrscheinlich mit Farbstoff imbibirtes Cholsterin sein müsse.

Da unter den oben angegebenen Reactionen der Kristalle mehrere sich finden, die von den Beobachtern nicht angegeben sind, so war es zunächst nöthig, das sogenannte Carotin aus den Mohrrüben darzustellen und es den Reactionen und den Kristallformen nach mit jenen in der Rübe vorkommenden Kristallen zu vergleichen.

Aus der Lösung des Carotins, welches nach dem von Zeise und Husemann angegebenen Verfahren dargestellt worden war, setzten sich nach dem Zusatz von Alkohol beim Verdunsten zahlreiche rothe mikroskopische Kristalle mit grünem metallischem Schimmer ab. Sie bildeten Gruppen, die aus mehreren neben- und übereinander liegenden grösseren und kleineren rhombischen Täfelchen, oft mit an den Seiten ausgezackten Rändern bestanden. Auch fanden sich diese rhombischen Täfelchen rosettenartig vereinigt oder bis zur Nadelform in die Länge gezogen. Die Messungen ergaben die Identität dieser Kristallformen mit denen, die in der Mohrrübe fertig gebildet vorkommen.

---

*) Annales de Phys. et Chim. 41. S. 46.

**) Annalen der Chemie und Pharm. 42. S. 380.

***) Journal für praktische Chemie. 40. S. 297.

Husemann giebt a. a. O. an, dass die Kristalle mikroskopische Würfel seien; diese Kristallform konnte in keinem Fall beobachtet werden, sondern nur immer rhombische Plättchen, deren Winkel rechten ziemlich nahe kommen, so dass also die Beobachtungen mit denen Wackenroder's a. a. O. übereinstimmen, welcher die aus Aether erhaltenen Kristalle als kleine, rubinrothe, verschobene, vierseitige Täfelchen beschreibt.

Die Reactionen dieser auf chemischem Wege erhaltenen Kristalle, mit Schwefelsäure, Eisenchlorid und Salzsäure, Jod in verschiedener Lösung waren dieselben, wie die an den Kristallen in den Schnitten erhaltenen und konnten noch durch einige Beobachtungen vervollständigt werden. Mit ein wenig concentrirter Salpetersäure bei gelinder Wärme abgedampft, entstand eine tiefrothe Färbung, wenn der Rückstand mit wenig Ammoniak übergossen wurde. Die Salpetersäure darf nicht verdünnt sein, sonst wird die Reaction unzuverlässig. Durch Chlorkalklösung wurde dieses sogenannte Carotin farblos, aber durch Alkali trat die rothe Färbung wieder ein. Mit Chlorcalciumlösung eingedampft, behält es seine Farbe. Mit concentrirter Phosphorsäure färbte es sich nicht blau, sondern etwas röther. Mit Salzsäure gekocht, färbte es sich dunkel, die rothe Farbe trat aber durch Zusatz von unterschwefligsaurem Natron wieder ein. Das durch Einwirkung des Lichts an der Luft gebleichte färbte sich nicht mit concentrirter Schwefelsäure blau, wohl aber roth. Mit Eisenchlorid und Salzsäure färbte sich das gebleichte sogenannte Carotin blau, nicht aber mit Salzsäure allein.

Sieht man sich im grossen Gebiete der organischen Verbindungen um, welchem Körper oder welcher Klasse von Körpern dieses sogenannte Carotin seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften, namentlich dem Verhalten zu Alkohol, Aether, Benzin und Schwefelkohlenstoff, seinem Indifferentismus gegen Basen und Säuren nach gleicht, so findet sich, dass es mit dem Cholsterin grosse Aehnlichkeit hat. Diese grosse Uebereinstimmung war es auch, welche gleich anfangs Veranlassung gab die beschriebenen Reactionsversuche anzustellen sowohl mit den in den Schnitten befindlichen Kristallen, als mit dem auf chemischem Wege dargestellten Carotin. Es führte diese Aehnlichkeit zu der Vermuthung, dass das Carotin ein mit dem Cholsterin homologer Körper sei, und es schien, als ob sich die Differenzen im Schmelzpunkt, der procentischen Zusammensetzung, der Farbe und der

Reactionen so erklären liessen. Es musste diese Ansicht aber im Laufe der Untersuchung aufgegeben werden, indem sich von Schritt zu Schritt die Beweise häuften, dass das sog. Carotin nichts Anderes als mit einem Farbstoff imbibirtes Cholsterin sein könne.

Die Thatsachen, durch welche diese Ansicht gewonnen wurde, sind in der Kürze folgende.

Die Winkelbestimmungen, welche vermittelst eines Nobert'schen Schraubenmikrometers ausgeführt wurden, theils mit gefärbten, aus Benzinlösung erhaltenen Kristallen, theils in vom Liegen an der Luft und im Sonnenlicht gebleichten und unkristallisirten, ziemlich scharf abgegrenzten sechsseitigen Täfelchen und nahezu rechtwinkligen rhombischen Blättchen ergaben Winkel, welche zwischen 100 bis 101° und von 78 bis 81° lagen; an den farblosen sechsseitigen Täfelchen konnten ausserdem noch Winkel von 138° bis 140° gemessen werden. Die ersteren Winkel zeigen sich auch bei den rhombischen Täfelchen des Cholsterins, welche nach C. Schmidt's Messungen 79½° und 101½° betragen.

Zwei Analysen Husemann's ergaben für das sog. Carotin:

C	$83{,}98$	$84{,}14$
H	$9{,}80$	$9{,}77$.

Die Kohlenstoffmenge stimmt genau mit den am Cholsterin gefundenen Mengen überein, dessen Zusammensetzung nach der Formel $C_{52}\ H_{44}\ O_2$ in 100 Theilen ist:

C_{52}	$83{,}87$
H_{44}	$11{,}83$.

Dagegen differirt die Wasserstoffmenge noch über 2 pCt. Nach diesen Analysen wäre nun, wenn keine anderen Angaben, wie sie in der Identität der Winkel und den zum grösseren Theil übereinstimmenden Reactionen vorliegen, vorhanden wären, die Annahme einer Identität beider Körper unzulässig und auch die Homologität zu verwerfen. Allein die Analyse Zeise's, von der die näheren analytischen Daten (a. a. O.) nicht vorliegen, ergab einen höheren Wasserstoffgehalt. Nach Zeise enthält das sogenannte Carotin Kohlenstoff und Wasserstoff in demselben Verhaltniss wie Terpentinöl, so dass der einfachste Ausdruck seiner Zusammensetzung $C_5\ H_4$ ist. Dies würde einem Wasserstoffgehalt von $11{,}77$ pCt. entsprechen, d. h. demselben Wasserstoffgehalt, wie das Cholsterin. Wo die Angaben zweier For-

scher sich widersprechen, wird man offenbar diejenigen wählen müssen, die mit den neu ermittelten Thatsachen am besten stimmen. Dies ist in unserm Fall die Zeise'sche Angabe.

Die Differenzen im Schmelzpunkt beider Körper, in der Chloraufnahme, so wie die Beobachtungen über die Hydrate des sog. Carotins erklären sich einfach, erstere dadurch, dass beim Cholsterin noch keineswegs der Schmelzpunkt genau feststeht, indem Couerbet und Gobley 145, andere Beobachter 137° als Schmelzpunkt angeben, und der Farbstoff, der hartnäckig bei dem Cholsterin der Mohrrübe verbunden bleibt und den Lösungen folgt, den Schmelzpunkt verändern muss; diejenige in Betreff der Chlorsubstitution, dass das Cholsterin nach den Angaben von Schwendler und Meissner auch Substitute mit geringerem Chlorgehalt bildet; und der dritte Punkt endlich dadurch, dass das Cholsterin Hydrate bildet, die leicht ihr Wasser verlieren. Ueber alle diese Punkte mögen ausführlichere Veröffentlichungen in einer chemischen Zeitschrift vorbehalten bleiben. Die Differenzen in den Reactionen beider Körper beruhen darauf, dass der rothe Farbstoff, der den Kristallen anhaftet, seinerseits selbst Reactionen hervorruft, von denen eben die mit concentrirter Schwefelsäure am meisten auffällt. Das sog. Hydrocarotin ist allem Anscheine nach wasserhaltiges Cholsterin, das frei von Farbstoff erhalten wurde.

Als die Beobachtungen über das sogenannte Carotin veröffentlicht wurden, war die Entdeckung Beneke's unbekannt, dass Cholsterin in den Pflanzen vorkommt, eine Entdeckung, die sich durch fernere Untersuchungen immer mehr bestätigt hat. Cholsterin ist höchst wahrscheinlich auch in den weissen Mohrrüben und in den Samen enthalten. Behandelt man gepulverte Samen oder weisse Mohrrüben ebenso wie rothe behufs der Carotindarstellung, so erhält man beim Verdunsten des Lösungsmittels einen fettartigen Rückstand, der alle Reactionen des Cholsterins zeigt. Schwefelsäure färbt ihn lebhaft roth, Jodglycerin oder Schwefelsäure und Jod oder Chlorzinkjodlösung, endlich Eisenchlorid und Salzsäure färben ihn blau oder bei weniger starker Einwirkung schmutzig grün.

Die gelben Sorten der Mohrrübe, ebenso behandelt, liefern ebenfalls einen fettartigen Rückstand, der die Reactionen des Cholsterins giebt.

Mit dem Mikroskop konnten in den Schnitten der weissen und gelben Sorten keine weisse Kristalle beobachtet werden.

Erklärung der Figuren.

Tafel III.

Figur 1. Querschnitt durch eine keimende Mohrrübe; *m* der zwischen den beiden Gefässbündeln liegende primäre Zellenstrang; *pm* der primäre Markstrahl zwischen den primären engen Spiralgefässen und den daran anschliessenden weiteren, später gebildeten, porös-spiralig verdickten Gefässen.

Figur 2. Ein etwas älterer Querschnitt mit abgehender Seitenwurzel. *m* das weite Gefäss, welches statt der ursprünglichen Zellenreihe sich gebildet hat; *g—g* das durch die Bildung des Gefässes *m* hergestellte Gefässband; *w* eine von dem centralen Bündel abgehende Wurzelfaser.

Figur 3. Querschnitt in natürlicher Grösse von einer wilden Mohrrübe nach ihrer ersten Vegetationsperiode.

Figur 4. Derselbe vergrössert; *a* centraler markartig parenchymatischer Cylinder; *b* eigentlicher Holzcylinder mit spindelförmigen Holzzellen; *c* dünner Cambiumring; *d* secundäre Rinde mit den in sie verlaufenden Markstrahlen; *e* primäre Rinde; *f* Kork.

Figur 5. Querschnitt durch eine zweijährige wilde Mohrrübe. *a* centrales parenchymatisches Holz mit scheinbar unregelmässig gestellten Gefässen; man bemerkt jedoch deutlich die Sonderung in zwei Gruppen durch den primären Markstrahl; *b* das eigentliche Holz aus spindelförmigen Holzzellen und zum Theil radial geordneten Gefässen; *c* das aus dem Cambium entstandene dünnwandige Parenchym; *d* die secundäre Rinde mit grossen, durch Resorption des Zellgewebes entstandenen Lücken; *e* primäre Rinde; *f* der Kork.

Figur 6. Längsschnitt, entsprechend dem Querschnitt 5. *a* das vertical gestreckte Parenchym des markartigen Holzes mit zerstreut stehenden porös-spiraligen Gefässen. Die in der Zeichnung sichtbaren Querwände in den Gefässen sind nur die Ueberreste der Querwandungen von den die Gefässe bildenden Zellen; *b* der Holzkörper mit spindelförmigen Holzzellen und einem Theil der nach der secundären Rinde verlaufenden Markstrahlen; *c* das zu langgestrecktem dünnwandigem Parenchym gewordene Cambium; *d* secundäre Rinde mit ihren, dem Verlaufe der Milchsaftgefässe folgenden Resorptionsstellen; *e* die primäre Rinde; *f* der Kork.

Figur 7. Querschnitt in natürlicher Grösse von der allerkürzesten holländischen Mistbeetcarotte, die zum Vergleich mit Fig. 3 und 4 zeigt, auf welches Minimum der Holzcylinder *b* bei den bestcultivirten Sorten reducirt ist und zu welcher Grösse das markähnliche parenchymatische Holz *a* und die secundäre Rinde *b* entwickelt sind.

Figur 8. Ein Stück von Fig. 7 vergrössert.

Tafel IV.

Figur 1. Querschnitt durch eine zweijährige cultivirte Mohrrübe (Berliner Mohrrübe). Die Gewebepartien sind dieselben wie Taf. III. Fig. 3 und 4, nur ist die Grösse der Ausdehnung der einzelnen Partien eine andere.

Figur 2. Derselbe Querschnitt vergrössert; *b* der dünne Holzring.

Figur 3 u. 4. Vergrösserter Querschnitt durch eine zweijährige cultivirte Mohrrübe. *a* das grosszellige, dünnwandige, markähnliche Parenchym mit zerstreut stehenden Gefässen; *b* der dünne Holzring, welcher mehrfach geringer an Ausdehnung als *a* (was bei der wilden umgekehrt der Fall ist); *c* das aus dem Cambiumgewebe entstandene dünnwandige Parenchym; *d* die sehr ausgedehnte secundäre Rinde mit den ausmündenden Markstrahlen *m*; *e* die primäre Rinde; *f* die Korkschichten.

Figur 5 und 6. Längsschnitt zu Fig. 3 u. 4, entsprechend dem Längsschnitt Taf. III. Fig. 6.

Figur 7. Holzzellen, aus denen der Holzkörper *b* Taf. III. Fig. 6 zusammengesetzt ist; *b* ein porös-spiralig verdicktes Gefäss der Länge nach durchschnitten zeigt, dass die Scheidewände der dasselbe ursprünglich zusammensetzenden Zellen einfach durchbrochen, nur noch als Ringe existiren.

Das Rothwerden älterer Kiefern begleitet von parasitischen Pilzen.*)

Von

H. Karsten.

(Hierzu Tafel V—VIII.)

Von dem Herrn Geh. Ober-Regierungsrathe Oppermann erhielt der Obengenannte im vorigen Herbste einige zweijährige Zweige von Kiefern (Pinus sylvestris L.) zur anatomischen Untersuchung.

Herrn Geh. Rath Oppermann waren die Kiefern wegen der ungewöhnlichen Färbung ihrer diesjährigen Triebe als erkrankt aufgefallen, und da ganze Bestände von Kiefern in der Uckermark diese Erscheinung zeigten, wünschte derselbe über den Grund des Farbenwechsels Auskunft zu erhalten.

Die nadelförmigen Blätter dieser jüngsten Zweige waren, wie es die beigegebene Taf. I. Fig. 1 darstellt, zum Theil grau gefärbt, oft beide beisammenstehende Blätter gänzlich oder theilweise; oft auch nur das eine Blatt des Paares, während das zweite eine völlig normale Beschaffenheit zeigte.

Diese graue Färbung nahm häufig nur eine mehr oder minder grosse Ausdehnung des mittleren Theiles der Blätter ein, und von dem grau gewordenen Blatttheile umgeben, machten sich meistens kleine schwarze Fleckchen, selten kleine weisse Knötchen bemerkbar, welche letztere sich bei genauerer Besichtigung als Harztröpfchen zu erkennen geben.

Der untere Theil der Blätter besass häufig noch die normale grüne Färbung, wenn auch das ganze übrige Blatt grau gefärbt war.

---

*) Mit Zusätzen aus Grunert's „Forstliche Blätter 1865" entnommen.

Dieses Verhalten schien darauf hinzudeuten, dass der Anfang des Erkrankens und Absterbens der Blätter von den jetzt schwarz erscheinenden Flecken ausgegangen war und sich von dort im Umkreise vorzüglich nach der Blattspitze, später auch nach dem Blattgrunde hin, verbreitet hatte.

Der Herr Geh. Rath Oppermann bemerkte schon bei der Einsendung der Zweige, dass die missfarbenen Blätter sowohl an jungen, als auch an alten Kiefern vorkommen und dass sie leicht abfallen; welches Letztere sich demselben bei einem späteren Besuche der Forsten in noch grösserem Maassstabe kundgegeben hatte, indem jetzt streckenweise ganze Kiefern oder einzelne Aeste die Blätter ihrer diesjährigen Triebe verloren hatten.

Diese äusseren Erscheinungen der Krankheit, dies Dürrewerden und endliche Abfallen der Blätter der erkrankten Kiefern haben grosse Aehnlichkeit mit der sogenannten Schütte, unterscheiden sich jedoch dadurch von dieser häufig vorkommenden, allgemein verbreiteten Krankkeit, dass sie nicht allein junge, sondern auch ganz alte Bäume trifft und dass das grüne Zellgewebe der Nadeln, so weit ich beide Krankheitsformen beobachtete, vor dem Grauwerden bei den alten Bäumen nicht roth wird, wie bei der Schütte.

Weder in dem Zellgewebe der grau gewordenen Kiefernblätter, noch unter den schwarzen Flecken oder den Harztröpfchen waren Spuren der Einwirkung von Thieren vorhanden, ebensowenig mit unbewaffnetem Auge an irgend einem Theile der Blätter oder Zweige parasitische Pflanzen zu erkennen.

Anders verhielt es sich bei der Untersuchung mit dem Mikroskope. Mit Hülfe dieses Instrumentes sah man auf der Oberhaut sowohl der Blätter, als der Rinde der ganzen Zweige einzeln oder zu Häufchen beisammenliegende, kleine, gelbliche, den Pilzkeimen ähnliche Zellen. Dass dies wirklich Keime und Sporen von Pilzen waren, ging daraus hervor, dass dieselben hie und dort in cylindrische Fäden verlängert gefunden wurden (Taf. VIII. y). Zuweilen bildeten diese verzweigten, gegliederten, olivenfarbenen Pilzfäden, an denen die ursprünglichen Sporen dann nicht mehr zu erkennen waren, den Anfang eines vollständigen Pilzlagers (Mycelium), welches auf der Epidermis, wenn auch nur in geringer Erstreckung, sich verbreitete. Zuweilen fanden sich auch die trichterförmigen Eingänge der Spaltöffnungen

mit Sporen mehr oder minder angefüllt (Taf. VIII. x), dennoch konnte nicht mit Sicherheit beobachtet werden, dass wirklich durch die Spaltöffnungen hindurch sich Myceliumäste in das Gewebe der Kiefernblätter hinein fortsetzen, ebensowenig wie das Durchwachsenwerden der Oberhautzellen durch dieselben erkannt wurde.

Obgleich diese geringen, nie fructificirend angetroffenen Schimmelvegetationen sich über die ganzen Kiefernzweige hie und dort zerstreut vorfanden, so waren dennoch in das innere Gewebe derselben, soweit die Organe äusserlich gesund schienen, keine Pilzvegetationen eingedrungen, auch nicht in diejenigen grünen Blatttheile, welche kranken Blättern angehörten, wohl aber in alle die Blatttheile der jüngsten Triebe, die missfarbig und abgestorben waren; und zwar fanden sich hier dieselben vorzüglich in den äusserlich schwarz gefärbten Flecken, obwohl sie auch in den übrigen, graugefärbten Theilen der Blätter meistens reichlich vorkamen.

Zur Erleichterung der Darstellung und zum besseren Verständniss derselben zeichnete ich auf der beiliegenden Taf. VI. einen Quer- und Längenschnitt des Blattes von Pinus sylvestris L. in fast 100maliger Vergrösserung.

Die durch die Spaltöffnungen (s) durchbrochene, aus zwei Zellenschichten bestehende Oberhaut bedeckt vollständig das mit Chlorophyll angefüllte und dadurch grüngefärbte Zellgewebe. Die etwas quergestreckten Zellen dieses Parenchyms sind bekannt wegen ihrer eigenthümlichen Längenfaltung, eine Erscheinung, die an die Kreisfalten der Confervaceen erinnert, bei denen sie irrthümlich für einen beginnenden Vermehrungsprocess ihrer Zellen gehalten wurden.

Die Spaltöffnungen befinden sich in den Rinnen des längsrippigen Blattes und sind längsgestreckt. Unter den hervortretenden Längsrippen des Blattes finden sich, von dem Chlorophyll enthaltenden Zellgewebe rings umgeben, in bestimmten Abständen Harzcanäle (h) in grösserer oder geringerer Anzahl je nach der individuellen Entwickelung und Grösse des Blattes. Diese Harzcanäle sind dadurch eigenthümlich, dass sie nicht, wie gewöhnlich, von parenchymatischen, zartwandigen, mit flüssigen Absonderungsstoffen angefüllten Zellen umgeben und gebildet sind, sondern von einer einfachen, selten mehr oder minder doppelten Schicht dickwandiger Bastzellen.

Im Grunde des Blattes befinden sich an Stelle der Canäle dichte

Bündel solcher Bastzellen. Jede dieser Bastzellen besteht aus drei in einander geschachtelten Zellen (wie ich dies schon in meinen gesammelten Beiträgen zur Anatomie und Physiologie pag. 191 beschrieben und daselbst Taf. X. z. b) gezeichnet habe), deren zweite, mittlere eine stark verdickte Haut hat.

An Stelle der mittleren Zellen dieses Bastbündels findet sich in den oberen Theilen der Blätter, so weit sie aus den kleinen häutigen Knospenschuppen hervorragen, der mit Balsam gefüllte, aus dem Bastzellencylinder bestehende Harzcanal, der durch Verflüssigung der Häute der mittleren Zellen dieses Bastbündels entstand.

Die Häute dieser Bastzellen nämlich unterliegen einer chemischen Metamorphose, in der Art, dass sie endlich in den zu Harz oxydirenden und eintrocknenden Balsam umgeändert werden; und zwar die dritte, innerste Zelle zuerst, dann die zweite, dickwandige und endlich die äusserste, älteste. Taf. VI. 1. h, sieht man noch die primären Zellhäute der inneren Bastzellenschicht, deren secundäre und tertiäre Zellhäute schon der Verflüssigung unterlagen, ein Vorgang, der auch unter abnormen Verhältnissen krankhafter Weise an diesen Zellen der Blätter und an denen der Rinde und des Holzes sich einstellt und mehr oder minder bedeutende Gewebeportionen betrifft, worauf die Gewinnung dieser Balsame und Harze im Grossen beruht.

Insofern nun die Hohlräume solcher Harzcanäle durch Resorption von Zellen entstanden sind, sind es rücksichtlich der benachbarten Zellen Zwischenzellräume, in denen sich der Balsam befindet (Gesammelte Beiträge pag. 313): keinesweges jedoch bildet sich derselbe in Zwischenzellräumen, wie früher irrthümlich geglaubt wurde *); auch geht nicht die Metamorphose der Bastzellmembran in der Weise vor sich, dass die sie zusammensetzende Cellulose durch Harz ersetzt (substituirt) wird, welches Harz sich etwa in der das Zellgewebe durchtränkenden Nahrungsflüssigkeit aufgelöst befindet: sondern es erfolgt die Bildung von Balsam und Harz durch die eigenthümliche Assimilationsthätigkeit dieser Zellmembranen, wodurch die Cellulose nach und nach die chemische Constitution des Harzes annimmt; insofern

*) F. Thomas hat mich gänzlich missverstanden, wenn er mir (Pringsheim's Jahrbücher, IV, pag. 61) eine solche Ansicht und Folgerungen, die ich nie daraus gezogen habe, beilegt.

ein Wechsel der Stoff-Aequivalente im Sinne der chemischen Substitutionstheorie, aber, wie gesagt, keine Substitution zusammengesetzter Verbindungen, hier etwa die der Cellulose durch Harz. (Vergl. über diese und ähnliche Anamorphosen der Zellmembran meine „Gesammelten Beiträge" 298 u. 312 und Wigand's Desorganisation der Zellmembran.)

Das Centrum des Blattes wird von dem Gewebe des umfangreichen Holzbündels eingenommen. Es ist dasselbe durch die Verschmelzung von zwei ursprünglich abgesonderten Holzfaserbündeln entstanden. Entsprechend der Lagerung der Elementarorgane im Stamme, wo die zuerst auftretende enge, spiralig verdickte Spiralfaser dem Marke zugewendet ist und sich an ihrer peripherischen Seite die übrigen Elementarorgane des Faserbündels und endlich die Holzzellen entwickeln, liegen auch hier im Blatte an der oberen inneren Seite des Holzfaserbündels die Spiralfasern (sogenannte Gefässe) der beiden Faserbündel (sp.), an welche sich nach der Unterseite des Blattes hin die später entstehenden Fasern und Holzzellen anlegen, die sich aus dem hier länger thätigen Cambium hervorbilden.

Beide Holzbündel sind durch dickwandige Holzzellen (h) zu dem einen grossen Bündel vereinigt, nach aussen, unten, bedeckt von Bastzellen und rings umgeben von einem Gewebe, welches den Markstrahlen entspricht, aber aus parenchymatischen, vertical gestreckten, viele kleine dickwandige Tüpfelzellchen zwischen sich einschliessenden Zellen besteht, durch welches Gewebe das ganze Holzbündel gegen das Chlorophyll enthaltende Zellgewebe abgegrenzt wird.

Auf Taf. VII. sind entsprechende Abschnitte des kranken, von Pilzen durchwachsenen, schwarzgefleckt erscheinenden Blattes gezeichnet; und auf Taf. VIII. ist ein Weniges von dem Längenschnitte desselben 400mal vergrössert dargestellt. Die längsfaltigen, chlorophyllhaltigen Zellen sind hier collabirt und in den dadurch entstandenen Zwischenzellräumen ist ein, in grosser Menge vorhandenes Pilzgewebe sichtbar. Die Spaltöffnungen sind längsdurchschnittene, in der mittleren (bei x) liegt ein Haufe nach aussen wachsender Sporen; daneben andere, scheinbar dem Cladosporium angehörende, keimend (y).

Die Farbe der innerhalb des Blattgewebes vorkommenden Schimmelfäden ist nicht schwarz, wie es wohl die äussere Farbe des Blattes vermuthen liess, sondern völlig wasserhell; ihr Durchmesser viel bedeutender, wie ihn die auf der Epidermis wachsenden Fäden haben.

Das vielfach verzweigte Mycelium war selbst in die Harzcanäle eingedrungen, und auch zwischen den Holzzellen wucherte der Pilz. Seine Fäden sind gegliedert; einzelne Endglieder sind kürzer und weiter, als die übrigen, kuglig geworden; alle mit körniger, aber wasserheller Flüssigkeit angefüllt.

Zwischen den beiden Schichten von Oberhautzellen fanden sich hie und dort kleine Häufchen farbloser, kugliger, sporenähnlicher Zellchen, die aus dem durchschnittenen Gewebe, wie in Schleim gehüllt, hervorquollen. Die Natur dieser Gebilde als Stilbospora-Anfänge wurde erst im Frühling erkannt.

Und nicht allein in dem Zellgewebe der missfarbenen, abgestorbenen Blätter fanden sich diese Pilzvegetationen: auch in das diesen Blättern zunächst angrenzende Gewebe der Zweige waren dieselben eingedrungen, höchst wahrscheinlich von den abgestorbenen Blättern aus: denn es machte sich an ihnen durch keinerlei Veränderung in Form oder Farbe ein solches Eindringen von aussen bemerklich.

Der Pilz, welcher hier sich vorzugsweise in dem Rinden- und Markparenchyme verbreitete und sich dem unbewaffneten Auge als schwarze Längenstreifen kenntlich machte, war von anderer Form und Farbe, als der sehr ähnliche, wahrscheinlich identische Blattpilz. Seine Myceliumfäden waren regelmässiger cylindrisch, dünner und nicht farblos, wie in den Blättern, sondern mit dem Mikroskope gesehen olivenfarben, wie die auf der Epidermis sich findenden Schimmelanfänge; einzelne Endglieder, oft mehrere derselben an einander gereiht, waren kuglig angeschwollen, mit körnigem Plasma angefüllt und meistens an der Oberfläche granulirt (Taf. VIII. Fig. 2). Nicht selten waren sie, durch Proliferiren, scheinbar Gliedzellen des Mycelium geworden.

Diese Pilzgewebe, welche eine specifische Verschiedenheit nicht erkennen, wenn auch vermuthen liessen, entwickelten, wenn Abschnitte von Blättern oder Zweigrinde, in denen sie enthalten waren, auf dem Objectträger des Mikroskopes in eine feuchte Atmosphäre gelegt wurden, auch Fruchtorgane, welche dann erkennen liessen, dass sie verschiedenen Gattungen angehörten.

Die eben beschriebene Form, die in dem Gewebe des Zweiges mit kugligen Anschwellungen angetroffen wurde (Taf. VIII. 1), schien mir die Mutterpflanze einer aus dem Zellgewebe hervorwachsenden

Vegetation, die sich nach kurzer Zeit über die feuchte, als Objectträger dienende Glasplatte hin ausbreitete, wodurch ihre Form und Verzweigung um so deutlicher erkannt werden konnte. Die kugligen Anschwellungen waren hier anfangs endständig; aus ihnen hervor entwickelten sich andere ähnliche kuglige Glieder oder sie wuchsen in cylindrische Aeste aus, die dann wieder Zweige trieben. Die Form und Farbe der ganzen Pflanze war wasserhell, sehr ähnlich dem in dem Blatte beobachteten Pilzgewebe.

Nach einigen Wochen waren von den dunkel gefärbten Pilzfäden in dem Gewebe des Zweiges nur die kugligen, jetzt vergrösserten und feinstachlig gewordenen Gliedzellen als feinstachlige Kugeln, ohne Zweifel die Sporen, übrig geblieben (Taf. VIII. 3). Von dem Mycelium war nichts mehr vorhanden. Die Keimung dieser Sporen wurde lange vergeblich erwartet. In der Mitte des Februar begann in den etwas vergrösserten Sporen, deren Oberhaut die körnige, fein stachlige Oberfläche verloren hatte, im Centrum innerhalb des trüben körnigen Plasmas neue Zellenbildung. Man erkannte bei richtiger Einstellung und guter Beleuchtung vier tetraedrisch gelagerte, in zwei gleichfalls noch unentwickelten Mutterzellen enthaltene, kleine, kuglige Zellchen, die sich allmälig vergrösserten und das Plasma theils resorbirten. theils verdrängten, bis sie endlich sich berührten und eine zarte, die Sporen halbirende Querwand bildeten. Es scheint fast ein anderer Vorgang zu sein, wie die Keimung der auf dem Objectträger gewachsenen Sporen, obgleich ich beide Formen für die gleiche Pflanze, für ein Uredo halte. Die weitere Entwickelung dieser Sporen wurde nicht beobachtet.

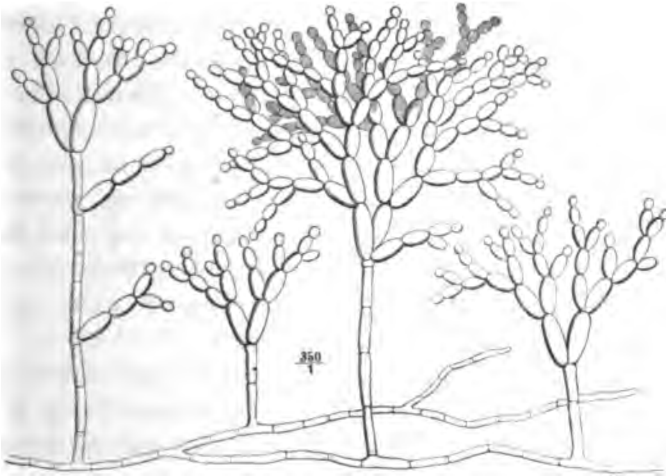
Wegen der Aehnlichkeit seiner Sporen mit denen von Torula conglutinata Corda, welche ihr Entdecker (Icones I. pag. 8, Fig. 12) gleichfalls auf Kiefernholz antraf, nannte ich diesen Schimmel Uredo conglutinata, für den Fall, dass es sich, wie ich vermuthe, ergeben sollte, dass beide Formen zusammen gehören. Bonorden rechnet zwar mit Endlicher die Torula conglutinata und die übrigen Arten der Kunze'schen Gattung Hormiscium zu den Torulaceen; da jedoch die Vegetationsverhältnisse unserer Pflanzen weder von Corda, noch den übrigen Beobachtern in ihrer Entwickelung verfolgt wurden, so ist es glaublich, dass dieselben sie erst zur Zeit der Sporenreife bemerkten, wo das Mycelium nicht mehr vorhanden war.

Neben diesem Uredo entwuchsen den mikroskopischen Blattabschnitten vorzugsweise zwei andere, bekannten Gattungen angehörende Schimmel-Pilze, nämlich Sporidesmium Lk. (Polydesmus Montg., Alternaria Nees, Dendryphium Wallr.) und Cladosporium Lk. (Cladotrichum Crd. inclus.). Ueberdies wurden sporadisch besonders Polyactis cana und das unvermeidliche, wie es schien, nur äusserlich anhaftende Penicillium glaucum beobachtet.

Von dem Cladosporium erhielt ich zwei Formen bei verschiedener Behandlungsweise der kranken Blätter, Formen, die ich sorgsam studirte und deren verschiedenartigste ich in nebenstehenden Zeichnungen 1 und 2 genau wiederzugeben mich bemühte.

Von Blatt-Abschnitten, die ich im Herbste, wie oben beschrieben, auf den Objectträger brachte, entwickelten sich neben dem Mycelium von Uredo andere, etwas kräftigere, auf der feuchten Glasplatte gleich-

Figur 1.



1. Cladosporium penicillioides. Preuss.

falls sich verbreitende, septirte, helle, durchsichtige Mycelien, von denen sich aufrechte, starke, grünlich-hellgraue Fruchtträger (Hyphen) erhoben, die bei schwacher Vergrösserung auf den ersten Blick völlig einem Penicillium glichen, und die ich für die schon von Preuss (Sturm III. 6. Taf. 15) als Cladosporium penicillioides beschriebene und abgebildete Pflanze halte.

Je nach der Kräftigkeit der Individuen variirt die Verästelung ausserordentlich. Der meist hohe, kräftige, gegliederte Stamm wächst oft über die theils gegenständigen, theils abwechselnd stehenden, gleichfalls septirten, eingeschnürt gegliederten Zweige hinaus. Es ereignet sich aber, dass, wenn die erste Zweig-Entwickelung sehr kräftig ist, diese Zweige dem Hauptaste an Grösse gleichkommen und dann gedreit auf dem Stamme erscheinen. Alle Aeste verzweigen sich gegabelt, ihre unteren Glieder sind lang elliptisch, etwas dicker als der Stamm und tragen an ihren Enden eine bis drei Ketten von Doppelsporen. Diese Sporen sind mit den sporenartigen Astgliedern von gleicher Dicke, elliptisch, die Enden abgerundet (nicht spitz, wie Preuss sie zeichnet), lassen aber zuweilen dort, wo sie mit den benachbarten zusammenhängen, ein kleines, unbedeutendes, später verschwindendes Knötchen erkennen. Die jüngsten, endständigen kleinen Sporen sind anfangs kuglig, die ausgewachsenen elliptischen Astglieder nach dem Abfallen etwas bisquitförmig. Bei Oberbeleuchtung erscheinen die Sporenastglieder, d. h. der ganze Fruchtast mit Ausnahme seines Stammes (der Haube) weiss, bei Beleuchtung von unten bronzeartig und fein granulirt. Bei der Berührung mit Wasser zerfallen die Sporenketten und meist auch die Hyphen in einzelne Glieder; die Theilung der Sporen tritt dann erst deutlich hervor (2, y).

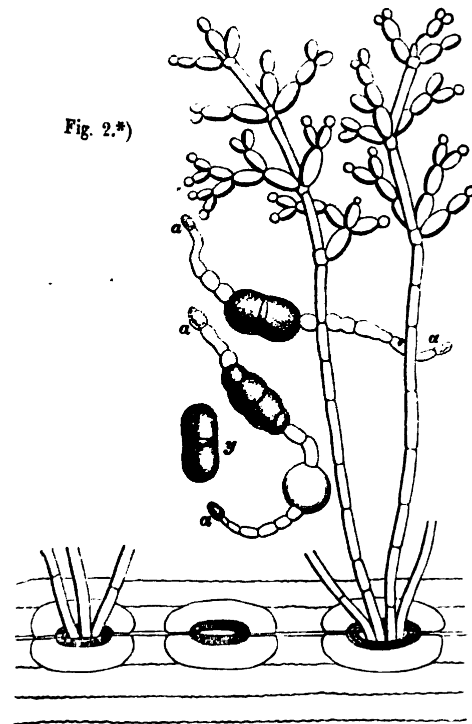
Diese Pflanze sollte demnach eigentlich Cladotrichum-Corda heissen und ich nahm sie wegen ihrer Verästelung dafür, bis ich jetzt, im Januar, aus andern, für die mikroskopische Untersuchung bestimmten, durch die Mitte der schwarzen Flecke gemachten, Querschnitten frischer, kranker Blätter, die in Fig. 2 gezeichneten Formen sich aus den schwarzen Blattstellen entwickeln sah, ohne vorher ausserhalb des Blattgewebes ein kriechendes Mycelium zu bilden, während zugleich andere längsdurchschnittene Blätter gleichfalls unmittelbar aus eben solchen schwarzen Stellen, die in Fig. 1 gezeichneten Formen büschlig hervortrieben, demnach beide nur Variationen einer Art sind, nicht Typen zweier Gattungen repräsentiren, wie Corda und seine Nachfolger glaubten; weshalb der ältere, von Link dieser Gattung gegebene Name, beiden zukommt.

Das Zusammengehören beider Formen, der fast büschelig verzweigten, an den Enden der Zweige sporentragenden und der fast einfachen, mit seitenständigen Sporenketten versehenen, ist dadurch ausser Zweifel

gesetzt, dass sie nur durch eine verschiedene Behandlung desselben Blattes, einmal aus mikroskopischen, dünnen Querschnitten der schwarzen Blattstellen, das andere Mal aus dem ganzen schwarzen Gewebe des längsdurchschnittenen Blattes hervorgerufen wurden; dort mit einem geringeren, hier mit einem bedeutenderen Antheile von Nahrungsstoff aus dem Blatte.

Aber auch durch Vergleichung beider Formen mit einander wird die Meinung ihres gleichen Ursprungs und ihrer specifischen Identität bestätigt; denn beide lassen sich naturgemäss auf einander zurückführen. Die scheinbar unverzweigte eigentliche Cladosporien-Form mit ihren seitenständigen Sporenketten hat Fruchtträger, die dem ästigen Cladosporium an Farbe und Consistenz ganz gleich sind; dort, wo sich ein Ast entwickelt, verkümmert der Gipfeltrieb und wird von dem bald rechts, bald links sich entwickelnden Aste überwachsen; überdies verkümmern an allen, auch an den unteren, meist gegenständigen Aesten, die grundständigen, längeren, astähnlichen Glieder der Sporenketten. Alles deutet auf eine weniger kräftige Entwickelung, ohne Zweifel in Folge der spärlichen Ernährung. So entsteht dort die scheinbar astendständige Stellung der Sporenketten nur,

Fig. 2.*)



*) Aus dem kranken Kiefernblatte durch die Spaltöffnungen hervorgewachsene Cladosporium-Fruchtäste; neben denselben drei stärker vergrösserte Glieder der Sporenketten, von denen zwei keimen und bei a sporidien-ähnliche Endglieder entwickeln.

weil dort die grundständigen Sporen eine grössere Länge erreichen, und auch wohl statt in eine, in zwei Sporenketten sich verlängern: hier durch Verkümmerung die seitenständige Stellung derselben, wie es Corda's Cladosporien eigen sein soll, die sich von den Arten der Gattung Sporodon Cord., mit denen Bonorden sie zum Theil vereinigt, durch die Zwillingssporen unterscheidet.

Diese und andere ähnliche, meist Mittelformen, zwischen den beiden beschriebenen, beobachtete ich im Februar auf den frischen in gleicher Weise krankhaft gefärbten Kiefernblättern. Aus diesen Blättern entwickelten sich an den schwarz gefärbten Stellen theils aus vielen Spaltöffnungen, theils aus den durch eine Stilbospora hervorgebrachten Rissen der Oberhaut, das Gewebe dieses Parasiten mitten durchwachsend, pinselförmige Büschel von Fruchtträgern des oben beschriebenen Cladosporium. Der lange gerade Fruchtträger dieser Pflanze trug, wenn er nicht ganz einfach war, ein Paar seitenständige Aeste von kurzen Sporenketten und 1—3 solcher einfachen oder verzweigten Sporenäste, wie oben beschrieben, an seiner Spitze. Auch hier hatten sich nicht die langgliedrigen Verästelungen entwickelt, wie die aus den längsdurchschnittenen, mit Wasser benetzten Blättern hervorgesprossten (Fig. 1), und zum Theil von diesen über die feuchte Glasplatte hin ihr Mycelium ausbreitenden Pflanzen; es scheint die kräftigere Entwickelung durch einen grossen Feuchtigkeitsgehalt des als Nahrung dienenden Gewebes bedingt zu sein.

Das endoparasitische Gewebe der Schimmelpilze, vorzüglich das des hier sehr häufigen Cladosporium, hatte sich vor seinem Durchbruche über die Epidermis massenhaft entwickelt. Die vielfach durcheinander geflochtenen, septirten braunen Verästelungen bildeten einen dichten festen Pilzkörper (Taf. VII. 1 c), an dessen freier Oberfläche die einzelnen Zweige mit ihren Fruchtästen frei wurden. Sehr häufig gingen diese hervorbrechenden Pilzmassen, besonders dort, wo keine Stilbospora entwickelt war, von einem der Harzgefässe aus, welche von dem Pilzgewebe auch in den früheren Entwickelungsstadien vorzugsweise durchwuchert wurden.

Nach dem Durchbruche des augenscheinlich unverändert bleibenden Oberhautgewebes fanden sich auf Querschnitten dieser Stellen die dickwandigen Bastzellen, welche den Harzcanal umgeben, von einander getrennt, zum Theil mit über die Oberfläche des Blattes hinausgescho-

ben, einzeln in dem dichten Pilzgewebe (Taf. VII. 1). Die dicke Wandung der secundären (zweiten, inneren) Bastzellen, welche im organischen Verbande der Gewebe früher verflüssigt und resorbirt wird, als die Haut der primären Zelle, unterliegt also der vegetativen Resorptionsthätigkeit des Pilzes später, als die dünnwandigen Parenchymzellen.

Auch die dritte obengenannte Schimmelart, das Sporidesmium Lk., trieb ebenso, wie das Cladosporium, wenn auch an den untersuchten Blättern seltener, seine Fruchtäste durch die Spaltöffnungen hindurch. Das Mycelium dieses Pilzes, welches gewöhnlich in dem Gewebe der Nährpflanze verborgen wuchert, war bei der oben beschriebenen Behandlung der Blätter auf dem Objectträger kriechend verbreitet und von dem des Cladosporium nicht zu unterscheiden. Beide bestanden aus zarten, verästelten, farblosen, septirten, cylindrischen Fäden; beide entwickelten aufstrebende Fruchtstiele, so dass nur durch ihre normale Lebensweise, nicht durch ihre Form, die Trennung dieses Pilzes als Coniomycete von den Hyphomyceten gerechtfertigt wird. Diese Fruchtstiele (Hyphae) des Sporidesmium sind dunkler gefärbt, gleichfalls septirt, meistens einfach, aber zuweilen auch etwas ästig; sie tragen bräunlich gefärbte, in Masse schwarz erscheinende Sporangien (sog. septirte Sporen) von so mannigfacher Form, dass sich kaum zwei ganz gleiche fanden, ebenso variirte ihre Anordnung. Selten standen sie einzeln am Ende der 2—3mal längeren Hyphen (wie bei a), wodurch, wenn das Sporangium eiförmig war, die Varietät Dauci des Sporid. exitiosum Kühn's hervorgebracht wurde, die ich auf Wurzeln von Daucus Carota allein nur, ohne Beimengung einer andern Form, mit noch längeren Hyphen und einem dichten flockigen Mycelium beobachtete.

Meistens waren die Sporangien nicht eiförmig, sondern länger gestreckt und nach vorn zugespitzt; und mehrere solcher Sporangien standen über einander gereiht. Nicht selten war die Spitze des hellgefärbten Endgliedes etwas erweitert, dem Mundstücke einer Trompete ähnlich, um die abgerundete Basis des nächst höheren Gliedes aufzunehmen (b), wodureh die typische Form der Gattung Alternaria Cord. hervorgerufen wurde.

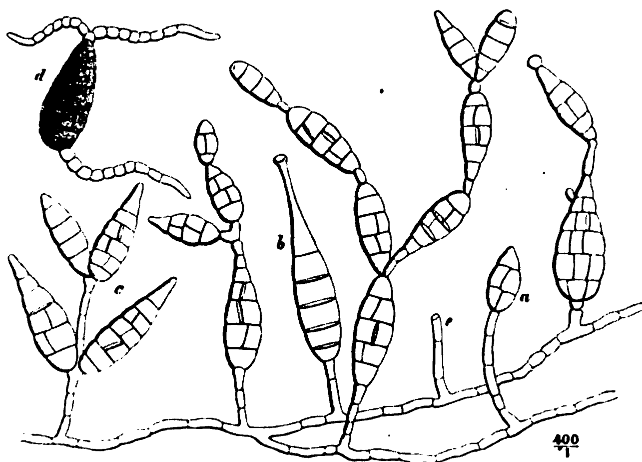
Reihen rein elliptischer Sporangien, wie die Gattung Septonema sie hat, habe ich nicht beobachtet, dagegen mehr oder minder bedeutende Verästelungen, die es höchst wahrscheinlich machen, dass die

Arten von Wallroth's Gattung Dendryphium (von Endlicher irrthümlich mit Aspergillus vereinigt) gleichfalls Sporidesmien sind.

Die Sporen liegen stets vertical über einander; oft sind die mittleren zu Mutterzellen von zwei horizontal neben einander liegenden Sporen geworden, zuweilen auch von dreien. Diese Tochterzellen stehen gewöhnlich etwas bauchig vor, wodurch das Sporangium eine etwas gekerbte Oberfläche bekommt.

Die Entstehung dieser Sporen als freie Tochterzellen kann jeder sorgfältige und vorurtheilsfreie Beobachter mit Leichtigkeit erkennen. Die anfangs mit eiweissartigem Stoff angefüllten Sporen enthalten später Flüssigkeit, bis diese vor dem Keimen wieder körnig wird und

Fig. 3.*)



Sporidesmium atrum Lk.

kleine Zellen enthält. Die Keimung ist bei d gezeichnet. Die Sporangienketten zerfallen sehr leicht in ihre einzelnen Glieder; die Hyphen bleiben jedoch längere Zeit nach dem Abfallen stehen (e).

*) Ein auf dem Objectträger gewachsenes Exemplar. *a* ein hier selten vorkommendes einzeln stehendes Sporangium, wie sie meistens auf der Mohrrübe (Daucus Carota) vorkommen; *b* ein Sporangium der Alternarienform; *c* seitenständige Sporangien; *d* Sporangien mit keimenden Sporen; *e* der Fruchtstiel nach dem Abfallen der Sporangien. Die Fruchtstiele und noch mehr die Früchte sind bräunlich (in Masse schwarz) gefärbt, was der grösseren Deutlichkeit ihres zelligen Baues wegen im Holzschnitte nicht angedeutet wurde.

Dieser ausserordentliche Polymorphismus der Früchte dieses Schimmels veranlasst mich, ihn für specifisch gleichwerthig mit dem von Link zuerst beobachteten Sporidesmium zu halten.

Wurde ein zweijähriger Zweig, dessen jüngster Trieb erkrankt war, einige Tage an einen feuchten Ort gelegt und so die vegetative Thätigkeit des in dem kranken Gewebe enthaltenen Pilzes unterstützt, so enthielten auch die dem kranken Gewebe benachbarten, bisher gesunden Theile der Kiefer, und zwar vorzugsweise in den parenchymatischen Theilen, im Marke, in den Markstrahlen und in der Rinde die eben beschriebenen Pilze, die sich schon dem unbewaffneten Auge auf der Schnittfläche des Zweiges durch ihre schwarze Farbe bemerklich machten. Es waren mithin die Pilze aus den kranken Zweigspitzen in die bisher gesunden Theile der Kiefer hinabgewachsen.

Wenn sich aus diesen Beobachtungen nun auch nicht mit Bestimmtheit die erste Ursache der Erkrankung erkennen lässt, so geht doch aus dem verbreiteten Vorkommen der Pilzkeime auf der Oberfläche der Zweige und dem ursprünglich beschränkten Vorhandensein des Pilzgewebes im Innern der kranken Blätter mit grösster Wahrscheinlichkeit hervor, dass

1) die Krankheit zuerst in beschränkten Theilen der Blätter auftritt und sich dann von hier weiter in die benachbarten Organe verbreitet,
2) dass sich dieselbe in den späteren Stadien stets durch das Vorhandensein von Pilzen kundgiebt,
3) dass die Pilze von aussen in das Blatt- und von hier in das Rindengewebe eindrangen.

Da von mir nie ein krankhaft gefärbtes Blatt ohne Pilze, noch ein grüngefärbtes lebendes von Pilzen durchwuchert beobachtet wurde, obgleich sich auch auf der Oberhaut gesunder Blätter die Pilzkeime finden, nicht aber in ihrem inneren Zellengewebe, so scheinen die Schimmelpilze nicht die erste Veranlassung, sondern nur die Begleiter des Erkrankens der Blätter zu sein.

Das wahrscheinliche Eindringen der Pilze durch die Oberhaut der Blätter in deren Zellengewebe wäre dennach von einer besonderen Disposition derselben abhängig; diese Ansicht wird unterstützt durch die oben bemerkte Aehnlichkeit der äusseren Erscheinungen der Schütte mit der vorliegenden Krankheit, deren Unterschied vorzüglich in der Jahreszeit liegt.

Die Schütte ist vorzugsweise eine Frühlingskrankheit, bestehend in einem vorzeitigen allgemeinen Blattfall, hervorgebracht durch plötzliche bedeutende Temperaturdifferenzen, deren schädliche Wirkungen auf Kiefern die Untersuchungen Stein's (Tharandter Jahrbücher VIII.) und auf andere Pflanzen die meinigen (Poggendorff's Annalen CXV. n. Bot. Ztg. 1861) wahrscheinlich machen.

Nicht die niedrige Lufttemperatur ist es, welche den Pflanzen unserer Zone schadet, auch nicht die durch den Wind, besonders durch den trockneren Ostwind erzeugte höhere Verdunstungskälte, oder die durch Ausstrahlung der Wärme gegen den unbewölkten Himmelsraum hervorgebrachte bedeutende Abkühlung: es ist vielmehr die auf die so erkalteten, besonders durch letztere Ursachen unter die Lufttemperatur erkalteten Pflanzen plötzlich folgende Erwärmung durch extreme Temperaturen, welche auf die normale Function des Pflanzengewebes störend einwirkt; deshalb sind gerade Pflanzen geschützter Standorte, und zwar gegen Osten, dem Erfrieren oder Erkranken am meisten ausgesetzt. Manchen zarten südlichen Pflanzen, z. B. den Georginen, sind bekanntlich unter solchen Verhältnissen auch schon die Strahlen der September-Morgensonne zu warm; die Gärtner geben ihnen dann leichten Schatten z. B. durch Körbe oder Matten, um sie so allmälig aus der Erstarrung sich wieder beleben zu lassen.

Stein fand keine Epiphyten in den an Schütte kranken Kiefern, und auch ich kann das häufige Fehlen derselben nach Untersuchungen von Kiefern bestätigen, die unzweifelhaft von der wirklichen Schütte befallen waren, da ich sie mir für diesen Zweck zur grösseren Sicherheit von der ersten Autorität in dieser Frage, von meinem hochgeschätzten Herrn Collegen Ratzeburg, erbat, von dem ich sie, und zwar im Spätherbste, erhielt.

Für die Richtigkeit dieser Annahme spricht der bedeutende und ungewöhnliche Temperaturwechsel, welcher in der That während des ganzen vorletzten Frühsommers in Norddeutschland stattfand, wo z. B. noch am Abend des 28. Mai 1864 sich in Berlin dichtes Schneegestöber einstellte.

Auch der sehr geehrte Herr Herausgeber der forstlichen Blätter billigte diese Meinung, indem er in einem Schreiben vom 13. Februar, welches von einigen frischen, mit kranken Nadeln behafteten Kiefernzweigen begleitet war, sich wie folgt über diese Frage ausspricht:

„Was das Rothwerden älterer Kiefern anbetrifft, welches hin und wieder auftritt, so ist dies, so weit ich es beobachtete, stets eine Folge grosser Temperaturverschiedenheiten. Es tritt daher grossentheils nur da ein, wo sich Abends die Frostnebel auf Orte des Waldes lagern, — feuchte Einsenkungen oder sonst enge, zuglose Orte, selbst Bestandslücken und Waldwege, — auf denen bei Windstille die wärmere Luft der Umgebungen sich mit der stagnirenden kalten Luft der eingeschlossenen Lagen nicht mischen kann, und diese dort nach höherer Tagestemperatur liegen bleibt und die Pflanzentheile erkältet."

Diese kranken Blätter der „roth gewordenen Kiefer" hatten dieselbe Beschaffenheit, wie die oben beschriebenen, und waren wie jene von Pilzen, und zwar so viel es erkannt wurde, von den gleichen Arten durchwuchert.

An diesen Zweigen beobachtete ich die oben erwähnte Stilbospora in ihrer völligen Entwickelung, nachdem die Zweige einige Zeit in feuchter, geschlossener Luft gehalten wurden. Im Herbste und während des Winters erscheint dieser Pilz als Haufe kleiner rundlicher Zellen, zunächst unter der äussern Epidermiszellenschicht, nach aussen umgeben von einer schwarzen, undurchsichtigen Zellenschicht (dem Peridium), deren Bau schwierig zu entziffern ist. Im Frühjahr erst erkannte ich die parallele Lagerung der noch völlig unentwickelten Schicht von Sporenschläuchen (Taf. VII. 1), welche einem dichtverwebten Mycelium (dem Stroma) entspringen.

Während des Aufenthaltes der Kiefernzweige in feuchter Luft entwickelten sich dann sehr rasch diese ersten unkenntlichen Fruchtanfänge zu den elliptischen, 3—4 vertical über einander liegende Sporen enthaltenden, kaum gestielten, bräunlich gelb gefärbten Sporangien (Taf. VII. 1), den sog. septirten Sporen, die sich nur in ihrem unentwickelten, noch farblosen Zustande mit dem Lager, Stroma, durch kurze Stiele verbunden vorfinden. Von diesen trennen sie sich, sobald sie völlig entwickelt und farbig geworden sind, während neben ihnen andere heranwachsen, wodurch die reifen, abgestossenen, in Masse schwarzen Sporangien, welche durch eine klebende, in Wasser lösliche Materie verbunden sind, durch die gehobene und zerrissene Epidermis hindurch, nach und nach über die Oberfläche des Blattes in Form eines gekrümmten schwarzen Zäpfchens hervorgetrieben werden (Taf. V. Fig. 2).

Dieser kleine warzenförmige cylindrische Körper löst sich, in Wasser gebracht, in zahllose der beschriebenen elliptischen Sporangien auf.

Ueber die Keimfähigkeit und fernere Entwickelung der Sporen sind noch keine Beobachtungen gemacht worden.

Diese Stilbospora Pers., die ich wegen ihrer Farbe „nigra" nannte, erinnert durch ihr Vorkommen neben dem Cladosporium an das nahe verwandte Didymosporium Nees, von welchem Corda die Art D. conglutinatum auf Eichenblättern neben dem Cladosporium epiphyllum beobachtete. Dies Didymosporium hat jedoch nach Corda (Icones pag. 5, Taf. VIII. 23) nur Zwillingssporen oder einfache Sporen. Mehrzellige Sporangien wurden von Corda nicht beobachtet, wohl aber finden sich in seiner Zeichnung einige Sporangien, denen dieser Stilbospora sehr ähnlich, die Corda jedoch als dem Cladosporium angehörend betrachtet.

Das oben erwähnte Vorkommen von Pilzkeimen auch auf nicht erkrankten Theilen der jüngsten Blätter könnte, wie es scheinen möchte, auch dadurch erklärt werden, dass diese Keime, erst von den im kranken Blattgewebe vegetirenden, aus den Spaltöffnungen hervorgewachsenen Pilzen gebildet und nachträglich auf die Oberfläche der Pflanzen verstreut seien.

Stammten jedoch die im Herbste auf der Oberfläche der Kiefernzweige verstreut vorkommenden Pilzkeime von dem im Blattgewebe wuchernden, aus den Spaltöffnungen hervorgewachsenen Pilzen ab, so würden sich diese Keime ganz besonders in der Nähe der Spaltöffnungen angehäuft finden, und es würden auch häufiger, wie es dann der Fall ist, Pilzfäden aus den Spaltöffnungen hervorragen. In den seltenen Fällen wo im vorigen Herbste ein Durchwachsen der Spaltöffnungen von dem Schimmel vorzukommen schien, musste aus der Verzweigung des Schimmelfadens eher auf ein Hineinwachsen, als Herauswachsen desselben geschlossen werden. Fruchtäste wurden nicht beobachtet.

Es ist daher wohl annehmbar, dass die im Frühlinge (vielleicht im Mai) reifenden Pilzsporen durch Winde von ihrem Ursprungsorte auf die jungen, eben sich entfaltenden Knospen getragen werden und dass die, trotz der auf ihnen verstreuten Pilzkeime, gesund gebliebenen Blatttheile nicht jenen Temperaturdifferenzen ausgesetzt gewesen seien, weshalb die Pilze nicht vermochten, in das innere, gesund gebliebene Blattgewebe einzudringen.

Da demnach diese Pilze nicht die erste Ursache der Krankheit sind, vielmehr nur in dem durch klimatische Verhältnisse erkrankten Gewebe einen günstigen Boden finden, nicht die Oberhaut gesunder Blätter und Rinden durchwachsen können, so ist nicht vorauszusetzen, dass die vorliegende Krankheit eine gefahrdrohende epidemische werden wird.

Die oben mitgetheilte Beobachtung, dass die Pilze aus dem erkrankten Blattgewebe, welches sie durchwucherten, auch in das benachbarte Rindengewebe eingedrungen waren, und dass sie bei grösserer Feuchtigkeit der Luft auch in die älteren, gesunden, trocknen Zweigtriebe hineinwachsen, könnte die Befürchtung erregen, dass die von parasitischen Bewohnern ergriffenen Kiefern durch diese gänzlich zu Grunde gerichtet werden möchten, falls nicht durch die Wachsthumsprocesse der lebensthätigen Pflanze, oder durch besonders günstige Klimaverhältnisse der weiteren Ausbreitung der Krankheit Grenzen gesetzt würden.

Indessen gehören alle diese Schimmelarten zu einer Gruppe von Pilzen, von denen bisher nicht mit Sicherheit beobachtet wurde, dass sie auch in ganz gesunden Pflanzen sich erheblich ausbreiten können. Ebenso ist aus der oben berührten gefälligen Mittheilung über roth gewordene Kiefern durch Herrn Oberforstmeister Grunert ersichtlich, dass so erkrankte Blätter sporadisch auf Kiefern, nicht selten an gewissen Standorten vorkommen, ohne denselben weiter nachtheilig zu sein, woraus wohl zu entnehmen ist, dass diese Pilze nicht in das lebenskräftige, sondern nur in das absterbende Gewebe eindringen können.

Auch wurde mir von Herrn Oberförster Oppermann mitgetheilt, dass von ihm an mehreren Bäumen das gänzliche Befallensein der Nadeln in beschriebener Weise schon während zweier Vegetationsperioden beobachtet worden sei; woraus entnommen werden kann, dass die beobachteten Pilze nur Blattpilze sind, wenigstens in das lebensthätige, Gewebe der Zweige und Aeste nicht einzudringen vermögen.

Einige frische Zweige, deren vorjährige Blätter vollkommen krank waren, hatten Gipfelknospen entwickelt, die freilich sehr schmächtig, aber von Pilzgewebe noch frei waren.

Um so mehr könnte wohl diese Krankheit als eine von Pilzen begleitete Schütte betrachtet werden.

Erklärung der Figuren.

Tafel V. 1. Ein rothgewordener Kiefernzweig. 2. Ein abgefallenes Blattpaar. *a* Rasen von Cladosporium penicillioides Preuss; *b* Stilbospora nigra.

Tafel VI. Quer- und Längenschnitte durch ein gesundes Kiefernblatt. *s* Spaltöffnungen; *h* Harzcanäle, von Bastzellen umgeben; *h'* ein Harzcanal, welcher noch von einer Schicht zartwandiger Zellen ausgekleidet ist; *sp* Spiralgefässe; *b* Bastzellen, welche als mehr oder minder vollkommene Schicht die Unterseite der Holzzellenschicht *i* bedecken; *c* Cambium.

Tafel VII. Die der Tafel VI. entsprechenden Abschnitte eines kranken Blattes der Kiefer. *c* ein Rasen von Fruchtzweigen des Cladosporium penicillioides, dessen Aeste einseitswendig in Form eines Scorpiurus sich entwickelten; *d* ein Fruchthaufe von Stilbospora nigra; *e* einige Sporen (Sporangien) der Schlauchschicht, noch an den Stielen befestigt, stärker vergrössert; *f* Reife septirte Sporen (Sporangien) desselben Pilzes.

Tafel VIII. Ein Stückchen des kranken, von dem Mycelium verschiedener Pilze (pag. 57) durchwucherten Kiefernblattes. *y* eine keimende Cladosporien- (?) Spore im Beginn des Durchwachsens der Hüllhaut; *s* Eingang in eine Spaltöffnung; *x* Sporenhaufen in einem solchen liegend. 2 und 3 Sporen von Uredo conglutinata.

Ueber die Pilze, welche die Trockenfäule der Kartoffeln begleiten.

Von

H. Karsten.

Während sich die Ansichten der Beobachter über die Ursache der Nassfäule der Kartoffeln mehr und mehr dahin einigen, dass diese Krankheit durch einen parasitischen Pilz, die Peronospora devastatrix, erzeugt wird, und dass dieser sie von einer Kartoffelgeneration auf die andere mittelst der Saatknollen, in denen er sich befindet, überträgt sind die Ursachen der Trockenfäule der Kartoffelknollen noch nicht so weit aufgeklärt, um sie genügend und bestimmt bezeichnen zu können.

Eine für die Trockenfäule charakteristische Erscheinung ist es, dass schon im ersten Stadium der Krankheit die Knospen der Knollen Zeichen einer ungewöhnlichen Veränderung erkennen lassen, und dass sich von ihnen, dem Verlaufe der Gefässbündel nach innen folgend, ein mit Farbenänderung verbundenes Erkranken des Zellgewebes erkennen lässt, dass dann dies durch Braunwerden sich zu erkennen gebende Absterben des Zellgewebes vorher im Innern um sich greift, bis zuletzt auch das Rindengewebe zerstört wird.

Da in dem ersten Stadium der Krankheit sehr häufig in dem braungewordenen Zellgewebe keine Pilze aufzufinden sind, die später wohl nie fehlen, so bleibt man in Zweifel, ob etwa vorhandene Parasiten zuerst sich in die Knospen einnisten und dann von hier durch das, in Folge dessen erkrankte, Gewebe der Gefässbündel in das Innere

der Knollen eindringen, oder ob andere durch Ernährungsverhältnisse bedingte Ursachen das erste Erkranken veranlassen?

Der mannigfaltige Wechsel der Pilzformen, welche auf den trockenfaulen Kartoffeln angetroffen werden, schien gegen die Ansicht zu sprechen, dass dieser Zustand durch sie herbeigeführt worden sei; und wenn auch einige wenige dieser Schimmelarten vorzugsweise beobachtet wurden, so lieferten sie dennoch keinen bestimmten Beweis von der Zusammengehörigkeit der zusammentreffenden Erscheinungen, da weder die gleichen Pilze in anderen Fällen derselben Krankheitsform wiedergefunden, noch durch ihre Samen die Trockenfäule sicher hervorgerufen werden konnte.

Auch die folgenden Mittheilungen sind nicht bestimmt, über den etwa stattfindenden Einfluss dieser häufig beobachteten und genannten Schimmelpilze auf die Kartoffelknolle und deren Erkrankung unzweifelhaften Nachweis zu geben; sie sollen vielmehr nur die Kenntniss des Formenkreises dieser epiphyten oder parasiten Pflanzen erweitern helfen, die jedenfalls dem gründlichen Studium der Krankheit selbst unentbehrlich ist.

Dass die Form der Pflanzenzellen und der ganzen Individuen, insbesondere bei Schimmelpilzen, mit ihren Fructificationen von der chemischen Beschaffenheit der sie ernährenden Flüssigkeiten abhängig sei, habe ich wiederholt beobachtet (Gesammelte Beiträge zur Pflanzenphysiologie S. 131, 209, 273, 342), und Bail, Hoffmann, Martius, Tulasne, Bary und andere Botaniker erkannten gleichfalls, dass die Fruchtform ein und desselben Schimmelpilzes so variire, dass sie den in der Systematik herrschenden Principien zufolge zwei verschiedenen Gattungen angehören würde.

Diese Vielgestaltigkeit der an und für sich wegen ihrer Kleinheit schwierig zu studirenden Schimmelarten musste die Kenntniss ihrer systematischen Anordnung, ihrer physiologischen Eigenschaften und ihrer pathologischen Wirkungen erschweren.

Auf trockenfaulen Kartoffeln sind, ausser anderen hin und wieder auf ihnen vorkommenden Schimmelarten, besonders häufig die Gattungen Fusisporium Fr. und Spicaria Harting beobachtet worden.

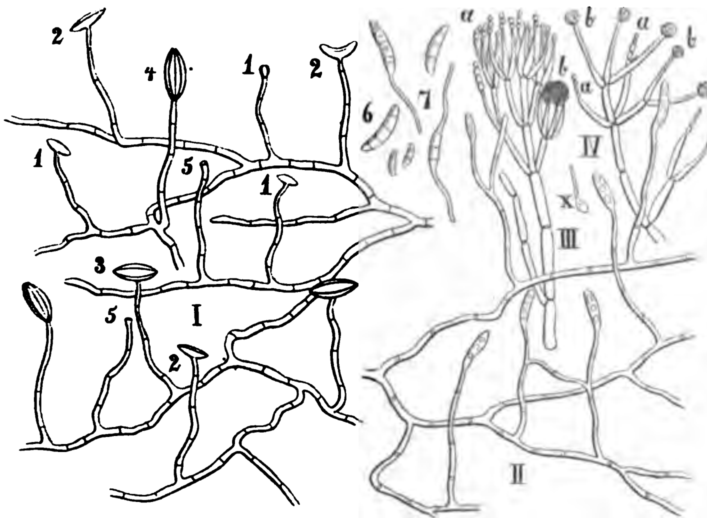
Martius betrachtet in seiner Abhandlung über die Kartoffelepidemie das Fusisporium Solani als die Ursache der Stockfäule oder Trockenfäule, da er diesen Pilz und keinen anderen auf kranken

Knollen aus den verschiedensten und von einander sehr entlegenen Orten vorfand.

Auch ich beobachtete seit mehreren Jahren hier bei Berlin die gleiche Schimmelform auf trockenfaulen Kartoffeln sehr häufig, und in grösster Ueppigkeit, wenn ich Durchschnitte derselben in feuchter Luft abgeschlossen hielt.

Diese Culturen führten mich zu dem Ergebnisse, dass der Pilz unter geeigneten Verhältnissen Fruchtformen entwickele, welche mit der von Fries für seine Gattung als charakteristisch beschriebenen nicht übereinstimmen, da sich nämlich, je nachdem man die Pflanze in der Luft oder unter Wasser vegetiren lässt, die Entwickelung der Formen ihrer Früchte oder Keime ändert.

Auf den Kartoffeln, die, ohne selbst angefeuchtet zu sein, in feuchter Luft unter einer Glasglocke liegen, erheben sich von dem verfilzten



I. Vollständig entwickeltes Fusisporium Solani mit mehreren Sporenschläuchen (septirte Sporen) in einer Frucht (Peridiolum). 1—4. Entwickelungsstufen derselben. 5. Der Fruchtstiel nach dem Abfallen der Früchte. 6—7. Grössere und kleinere, in den Sporenschläuchen enthaltene keimende und nicht keimende Sporen.

II. Unter Wasser gewachsenes Exemplar derselben Pflanze mit einfachen Sporenschläuchen, die von den Sporen noch nicht völlig ausgefüllt werden.

III. und IV. Variationen von Spicaria Solani Harting. *aa.* Sporenketten an den Enden der Zweige, die in *b* und *b* zu Kugeln zusammengeballt sind. *k.* Eine stärker vergrösserte, keimende Spore.

und auf der Kartoffel sich verbreitenden farblosen Schimmelgewebe aufstrebende Aeste, die an der Spitze eine etwas gekrümmte, spindelförmige Spore tragen, welche durch eine bis vier, meistens aber durch drei einfache scharfe Querscheidewände in Fächer getheilt ist (Fig. 6). Ebenso sind die cylindrischen, fadenförmigen Verzweigungen des kriechenden Myceliums und die aufrecht stehenden Sporenstiele durch ähnliche Scheidewände in Glieder getheilt.

Werden diese farblosen, durchsichtigen, gefächerten sogenannten Sporen (die vielmehr Sporangien sind, welche mehrere Sporen enthalten), oder wird die ganze Pflanze mit dem Kartoffelgewebe, an dem sie haftet, unter Wasser gebracht, so keimen die in den getheilten Sporangien enthaltenen Sporen bald (wie es Fig. I. 7. pag. 71 darstellt), und die Keimpflanzen entwickeln in wenigen Tagen gleichfalls Sporangien; ebenso die unter Wasser gebrachte Mutterpflanze.

In diesen jetzt entwickelten Sporangien liegen jedoch die Sporen nicht so unmittelbar an einander, sondern sind durch eine mehr oder minder bedeutende Zwischensubstanz von einander getrennt (wie in Fig. II. gezeichnet).

Sehr allmälig wird bis zur Reife noch Etwas von der Zwischenzellsubstanz durch die sich vergrössernden Sporen resorbirt, so dass sie dann sehr dickwandige, doppelt conturirte Scheidewände bildet.

Ganz ähnlich verhält es sich mit dem Inhalte der Verzweigungen des Myceliums. Auch hier sind die Gliedzellen lange durch bedeutende Mengen des flüssigen Inhaltes ihrer Mutterzelle, des cylindrischen Myceliumfadens, getrennt, welche Flüssigkeit gleichfalls bis auf eine geringe Menge resorbirt wird, die sich als dicke Scheidewand darstellt.

Nicht selten findet man zwei verschiedene Aeste oder Sporangienstiele dieser im Wasser vegetirenden Pflanze durch einen Zweig mit einander verwachsen, eine Erscheinung, die auch an anderen Schimmelarten häufig vorkommt und mit der Fruchtentwickelung nicht in Beziehung steht, nicht etwa als geschlechtlicher Act der Copulation zu deuten ist, welcher Vorgang bald im Zusammenhange mit den übrigen bekannten Geschlechtsfunctionen der Pflanze betrachtet werden soll.

Die Beobachtung der Entwickelung dieser beiden Formen giebt zugleich eine klare Einsicht in das Wesen der Entstehung der Gliedzellen und Scheidewände des Pilzgewebes durch Entwickelung einfacher, kugeliger Zellen.

Die Sporen nämlich entstehen zu mehreren innerhalb der etwas angeschwollenen und erweiterten Endzelle des in der Luft aufrecht stehenden, im Wasser liegenden Astes als höchst kleine Zellchen in dem mehr oder minder undurchsichtigen Inhalte, welcher während ihrer allmälig vorschreitenden Ausdehnung von ihnen resorbirt wird. In der Wasserform ist dieser die Sporen ernährende Zellinhalt durchsichtig, wird aber nicht vollständig resorbirt; in der Luftform ist derselbe undurchsichtig, wird aber vollständig von den sich vergrössernden Sporen verbraucht, wodurch diese dann erst, nach dem Verschwinden jenes, und nachdem sie ihre bestimmte Grösse völlig erreicht haben, als mit zarten Wänden sich berührend und die Scheidewände bildend, zur Erscheinung kommen.

Aber nicht immer stehen die Sporangien einzeln an dem Ende ihrer Stiele, vielmehr entwickeln sie sich sehr häufig zu zweien, ja selbst zu 3—5 der Länge nach an einander liegend (I. 3 u. 4), innerhalb einer gemeinschaftlichen Hülle (Peridiolum genannt), während die als Sporen von den früheren Autoren bezeichneten Organe dann Sporenschläuche zu nennen wären.

Ganz gewöhnlich dehnt sich die als eiförmige Anschwellung des Astendes erscheinende Fruchtanlage anfangs etwas schief aus, indem sie gleichzeitig nach abwärts und aufwärts, nicht selten fast horizontal sich vergrössert (I. 1—3). Diese jugendliche Frucht ist angefüllt mit einer undurchsichtigen, eiweissähnlichen Substanz, welche die im Innern vor sich gehenden Processe gänzlich verdeckt; man erschliesst erst aus den Furchen der ausgewachsenen Frucht, dass in ihrem Innern eine Neubildung von Zellen vor sich ging und auch dann, wenn die Anzahl der neugebildeten, durch die dünne Hülle hindurchschimmernden Sporenschläuche erkannt werden kann, sieht man dennoch an ihnen nie die nach ihrer Isolirung scharf und deutlich hervortretenden Scheidewände. Die reife Frucht trennt sich nie im Zusammenhange von ihrem Stiele (I. 5), auf dem sie unmittelbar befestigt ist, sie löst sich vielmehr gänzlich in die einzelnen, dann scharf septirten Sporenschläuche (Sporangien), welche unter sich nicht durch ein besonderes Organ verbunden sind. Die zarte Fruchthaut (Peridiolum) ist nie wirklich isolirt darzustellen oder nachzuweisen, ihr Vorhandensein ist vielmehr nur aus der Entwickelung der Sporenschläuche (sporae septatae) zu erschliessen.

Die jüngsten Entwickelungsstufen dieser Frucht (des eigentlichen Sporangium) 1 und 2 erinnern an die von Martius als Varietät sporotrichoides seines Fusisporium beschriebene Form, während die völlig ausgewachsenen Früchte diesen, dem Stilbum verwandten Schimmelpilz in die Gruppe der Mucorineen verweisen.

Auffallend ist es, dass viele und ausgezeichnete Beobachter das auf trockenfaulen Kartoffeln wuchernde Fusisporium untersuchten und keiner von ihnen der zusammengesetzteren Sporangienform erwähnt. Vielleicht ist die Entwickelung dieser Form von der Varietät der Kartoffel, auf welcher der Pilz wächst, abhängig, vielleicht ist sie auf manchen Kartoffelsorten seltener oder fehlt ihnen gänzlich. Sicher ist es, dass auch einzelne Sporenschläuche an derselben Pflanze in dem Peridiolum (dem eigentlichen Sporangium) sich neben, mehrzählige Sporenschläuche enthaltenden, Sporangien entwickeln; vielleicht herrschen diese zuweilen vor. Die reifen Früchte fallen überdies mit der grössten Leichtigkeit auseinander, indem sie sich von den Stielen trennen.

Der zweite sehr häufig auf trockenfaulen Kartoffeln vorkommende Pilz ist die von Harting „Spicaria Solani" genannte Schimmelart. Sie erscheint ebenso wie das Fusisporium anfangs als kleine, weisse Pusteln, welche aus zahllosen Verästelungen bestehen, die sehr bald Myriaden von Sporen hervorbringen und sich mehr und mehr, einer Watte ähnlich, über die Oberfläche der Kartoffel verbreiten, während auch das Innere derselben mehr und mehr sich verfärbt.

Auch diese Pflanze zeigt dem Beobachter dieselbe Vielgestaltigkeit, wie sie an der eben beschriebenen vorkommt. Harting, ihr Entdecker, zeichnet als ihre charakteristische Form den Zustand, in welchem die an der Basis etwas bauchigen Aeste völlig dem Stamme oder die Zweige den Aesten anliegen. Auch ich habe diese Form schon häufig beobachtet, ganz so wie Harting sie abbildet, nur mit dem Unterschiede, dass jeder Ast nicht eine Spore an seiner Spitze trägt, sondern eine ganze Reihe von Sporen, eine Sporenkette, wie sie gewöhnlich genannt wird (III. a). Es ist dies der Zustand vollständiger Entwickelung des Pilzes; anfangs sind die Aeste stets aufrecht abstehend, aber die Neigung zu der später eintretenden senkrechten oder mit den Aesten parallelen Stellung giebt sich schon an den jungen Zweigen durch eine geringe Krümmung ihrer Basis nach oben zu

erkennen. Oft aber tritt die vollständige Krümmung dieses Theiles der Aeste und ihr enges Anschmiegen an den mittleren, älteren gar nicht ein, sie bleiben vielmehr, alle etwas getrennt von einander, wie in Fig. III. gezeichnet. Eine wahrscheinlich von der chemischen Umwandlung der äusseren Haut der Sporenketten, des Sporenschlauches abhängige Eigenthümlichkeit der Sporenketten ist es, dass sie sich bei der Reife nicht in die einzelnen Glieder auflösen und zerstreut werden, sondern dass mehr oder weniger die Sporen einer jeden Kette, oder was noch häufiger, fast regelmässig eintritt, dass alle Sporen der gesammten Zweige eines jeden Astes zu einem kugeligen Haufen zusammenkleben, der an den Spitzen dieser Zweigbüschel, einem Mucorsporangium ähnlich, stehen bleibt.

Neben dieser in III. gezeichneten Varietät der Spicaria Solani, die nicht selten noch die Harting'sche typische Form der Zweigstellung an einzelnen Aesten hervorbrachte, beobachtete ich auch Formen, wie in Fig. IV. gezeichnet, deren Aeste, einem Verticillium ähnlich, meist unter einem Winkel von 40°, weit abstanden, so dass deren an jeder Spitze der Zweige vorhandene Sporenkette (Fig. IV. a) nicht von verschiedenen benachbarten Zweigen gemeinschaftlich zu einer Kugel zusammenballen konnten, sondern die Sporen einer Kette nur eine an der Spitze des Zweiges stehen bleibende Kugel bildeten (IV. b), wodurch die Pflanze noch mehr den Habitus eines Verticillium erhielt.

An dieser Nr. IV. gezeichneten Form beobachtete ich nicht das eigenthümliche charakteristische Zusammenneigen der Zweige und Aeste an dem Stamme; gestützt auf die mannigfachen Mittelformen zwischen dieser und der typischen Harting'schen Pflanze nehme ich jedoch an, dass sie gleichfalls eine Varietät dieser letzteren ist.

Die Sporen aller dieser Formen sind gleichgestaltet, fast kugelig; im Wasser bald ganz wenig länglich werdend, keimen sie wie Fig. x. gezeichnet, durch einfache Verlängerung der Sporenhaut.

Die Ursachen, welche diese Formverschiedenheit bewirken, konnten bisher nicht aufgefunden werden; alle diese Varietäten wuchsen an der Luft, die freilich bald feuchter, bald trockener gehalten wurde. Fortgesetzte Beobachtung dieser Pflanzen wird darüber weitere Aufklärung verschaffen.

Ursache einer Mohrrübenkrankheit.

Von

H. Karsten.

Von Herrn Baron v. d. Knesebeck erhielt das physiologische Institut im December einige weisse grünköpfige Mohrrüben, die sich äusserlich durch einen stellenweise über die Oberfläche verbreiteten gelblichen Anflug von einer gesunden Rübe unterschieden.

Auf Längs- und Querschnitten machten sich in dem Gewebe der Aussenrinde kleine bräunliche, wie durch Quetschung entstandene Stellen bemerkbar, welche mit Hülfe des Mikroskopes eine Aenderung in dem Baue der Zellen erkennen liessen. Es war nämlich hier der flüssige Inhalt der Zellen mit seinen festen Bestandtheilen missfarbig bräunlich gelb geworden und in der zusammengeschrumpften Haut der inneren Zellen zusammengeballt. Ebenso hatten die Zellwände selbst eine bräunliche Farbe angenommen. Diese kranken Gewebestellen hatten ganz das Ansehen der grauen Flecken in den trockenfaulen Kartoffeln. Auffallend war es, dass die Flecken nicht nach der Oberfläche der Rüben hin grösser und breiter wurden, was auf äussere Verletzungen oder andere Schädlichkeiten hätte schliessen lassen, dass vielmehr diese braun gewordenen Stellen des Zellengewebes ihre grösste Erstreckung an der Grenze der Innen- nnd Aussenrinde hatten und selbst häufig die Oberfläche kaum zu erreichen schienen.

Dennoch zeigte eine genauere Besichtigung, dass das missfarbene Gewebe bis an die peripherischen Zellenschichten der Wurzeloberfläche, wenn auch nur in feinen Streifen, sich erstreckte, und bei genauerer Untersuchung fand sich an diesen Stellen das peripherische Rinden-

gewebe von einem Geflechte zarter Pilzfäden durchwuchert, von denen einzelne sich auch in das missfarbene Zellengewebe erstreckten und in den inneren Theilen desselben sich verzweigten.

Es scheint demnach, dass dies auf der Oberfläche der Rüben stellenweise eingenistete, zarte, mit unbewaffnetem Auge nicht zu erkennende Pilzgewebe die Veränderung des inneren gesunden Rindengewebes durch zarte Absenker in dasselbe hinein in der beschriebenen Weise hervorrief.

Häufig waren in den zarten Schnitten des innen erkrankten Rindengewebes keine Spuren des Pilzes zu erkennen, so dass solche Stellen die Vermuthung erweckten, es könne die krankhafte Veränderung des Zellgewebes dem Vorhandensein des Pilzes vorausgehen; dennoch ist dies wohl nicht richtig, denn in der Regel fanden sich an diesen Orten bei sorgfältiger Nachforschung Spuren des Pilzes. Andere scheinbar gesunde Rüben, neben diese erkrankten gelegt, zeigten später die gleichen Symptome, so dass es höchst wahrscheinlich ist, dass diese mikroskopisch zarten Pilzfäden durch ihr Wachsthum auf Kosten der das Rübengewebe durchtränkenden, in den inneren Theilen der Aussenrinde zuckerreicheren Flüssigkeit, diese selbst auf einige Entfernung hin in der beschriebenen Weise verändern und dadurch auf die Zellen selbst verändernd einwirken, in deren Zwischenräumen und inneren Höhlungen dann der Pilz sich nach und nach verbreitet.

Dieses Pilzgewebe bestand aus vielfach verzweigten, röhrigen Fäden, die an der Oberfläche der Rüben weiter waren, aus dichten, dunklen Wandungen und aus einem klaren Inhalte bestanden und durch derbe Scheidewände in deutlich erkennbare Gliedzellen getheilt waren. In dem inneren Rübengewebe befanden sich zartere, mit trüber körniger Flüssigkeit so vollständig erfüllte röhrige Fäden, dass die in der That vorhandenen Scheidewände kaum zu erkennen waren.

Fructificationen dieser Pilzvegetationen fanden sich sehr spärlich. Wurden jedoch Stücke der erkrankten Wurzeln in eine recht feuchte Atmosphäre gebracht (ich legte sie auf den Objectträger für mikroskopische Präparate, der auf feuchtem Papier unter einer Glasglocke ruhte), so entwickelte sich das kaum sichtbare Pilzgewebe zu einem dichten Schimmelüberzuge des Rübenstückchens, und nach wenigen Tagen zeigten sich auch sehr häufig Früchte desselben, welche erkennen

liessen, dass die Rübe von zwei gänzlich verschiedenen Schimmelformen bewohnt wurde.

Der eine dieser Schimmel war der schon von Kühn auf den Blättern der Mohrrübe beobachtete Sporidesmium exitiosum Kühn *) (Polydesmus exitiosus Montg,) in der kleinen Variation Dauci, dessen Mycelium mit den oben beschriebenen dickeren, in den Epidermisschichten wuchernden Fäden übereinkam. Dieser wucherte immer auf der Oberfläche der Rübe, wenn nicht innerhalb des Gewebes derselben. Seine Früchte, gewöhnlich gegliederte Sporen, richtiger Sporangien genannt, sitzen eine jede einzeln dem aufrechtstehenden, oben abgerundeten, kurz und fein zugespitzten Stiele (stipes, hypha) mit abgerundetem Grunde auf, weshalb sie nach der Reife bei der geringsten Berührung von demselben abfallen; sie sind länglich-eiförmig, bestehen aus einer Anzahl Sporen, welche mit wagerechten Scheidewänden übereinander, zum Theil auch besonders in der Mitte des Sporangiums mit schräg aufrecht stehenden Wänden neben einander liegen. Jede dieser zu dem eiförmigen Sporangium vereinigten Sporen keimt meistens nach der Reife, indem sie seitwärts einen zarten, hellgefärbten cylindrischen Schlauch treibt.

Bei ihrem ersten Erscheinen sind diese dann ungetheilten Sporangien schwach gelblich; später entstehen in ihr, während sie dunkler bis endlich braun werden, mehrere mit einem eiweissartigen, undurchsichtigen Stoffe erfüllte Zellen, welche bald den Hohlraum der Mutterzelle ganz ausfüllen und sich gegenseitig zu den flächenförmigen Scheidewänden abplatten.

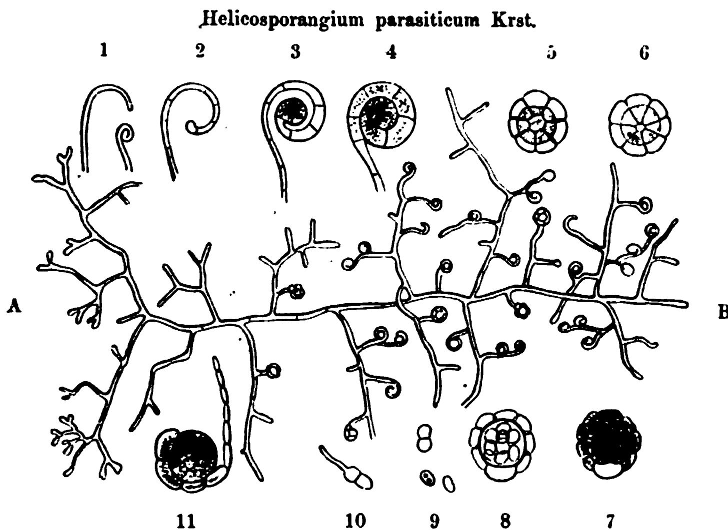
Dieser unter etwas veränderter Form **) dem Rapse so verderbliche Schimmel, dass sr deshalb den Namen „Rapsverderber" erhalten hat, ist auch dem eigentlichen Rübentödter Helminthosporium rhi-

*) Bot. Ztg. 1856.

**) Ob diese als Variationen des Polydesmus exitiosus Montg. aufgeführten Formen solche nur durch die Verschiedenheit des Nahrungsstoffes einer und derselben Pflanze hervorgebrachte Variationen sind, wie ich dies schon 1849 in der bot. Zeitung von anderen Schimmelarten nachgewiesen habe, wo ich überdies zeigte, dass „die sporenähnlich sich abtrennenden Glieder von Fadenpilzen nicht zu denselben, sondern zu ganz verschiedenen Formen sich entwickeln können," und wie ich dies von dem Fusisporium Solani zeigte (pag. 72) — oder ob sie, was nicht wahrscheinlich ist, wirkliche Species repräsentiren, muss erst durch Aussaat der Sporen auf die verschiedenen Nährpflanzen nachgewiesen werden.

zoctonum Rabenh. sehr nahe verwandt. Beide sollen sich dadurch unterscheiden, dass das Schimmelgewebe des Rapsverderbers in dem Gewebe der von ihm befallenen Pflanzen verborgen bleibt *), und dass nur seine Sporangien hervorragen, während das vegetative Gewebe des Rübentödters ebenso wie seine Sporangien tragenden Aeste aus der kranken Pflanze hervorwuchert, weshalb die Gattung Sporidesmium Lk. zu den Coniomyceten, Helminthosporium zu den Hyphomyceten gezählt wird. Dieser Charakter ist jedoch nicht ausreichend, denn wie die oben beschriebene Culturmethode ergiebt, wuchert auch das vege-

Helicosporangium parasiticum Krst.



tative Gewebe des Rapsverderbers über die Oberfläche der ergriffenen Pflanze hervor, wenn man es in eine hinreichend feuchte Atmosphäre

*) Zuweilen finden sich mitten im Marke anscheinend gesunder Mohrrüben erdig aussehende, schwarze, krümliche Stellen; mit Hülfe des Mikroskopes geben sich diese Massen als ein dichtes Geflecht von Pilzmycelium zu erkennen. Solche Pilzmassen, mit der Mohrrübe in feuchte, geschlossene Luft gebracht, entwickelten bald die eben beschriebenen Sporangien von Sporidesmium.

Derselbe Pilz findet sich schon in dem reifen Samen und geht von hier sogleich in die keimende Pflanze. Ob sich häufig auf diese Weise das Sporidesmium exitiosum in der Mohrrübe verbreitet, und ob vielleicht die eben erwähnten Pilzmassen innerhalb sonst gesunder Rüben von den im Jugendzustande der Rüben in dieselben eingedrungenen Schimmelpflanzen sich ableiten lassen, ist noch weiter zu untersuchen.

bringt. Der eigentliche Unterschied beider Schimmelgattungen besteht darin, dass die Sporangien (die sogenannten sporae septatae) nicht endständig, wie beim Sporidesmium, sondern an ihrer gemeinschaftlichen Hypha seitenständig sind.

Der zweite auf derselben Mohrrübe vorkommende Pilz überwucherte den eben beschriebenen bis zu grösserer Entfernung von der ihn ernährenden Rübe. Es war eine der grossen Gattung Erysibe, den Mehlthauarten nahestehende Form. Die cylindrischen ästigen Fäden seines vegetativen Gewebes (Mycelium) waren viel zarter wie die von Sporidesmium; sie verhielten sich wie die im Innern des Rindengewebes der Mohrrübe beobachteten Fäden, und ihre zarten Querwände waren kaum zu entdecken wegen des trüben körnigen Zelleninhaltes. Man unterschied leicht, wie die vorstehende Figur zeigt, zwei in entgegengesetzter Richtung wachsende Pole der Pflanze, das Wurzelende A von dem Stammende B. — Beide sind verästelt, doch verzweigen sich die Aeste des die Thätigkeit einer Wurzel ausübenden Organes viel stärker und endlich fast gabelig. Die letzten auf dem Objectträger wuchernden Enden dieses Wurzelorganes blieben klein und krümmten sich abwärts mit den Spitzen so dem Glase anhängend, dass sie, den Haftwurzeln der grösseren parasitischen Pflanzen ähnlich, diesen ganzen Theil der Pflanze an die Unterlage befestigten.

Die Aeste des nach der entgegengesetzten Seite wachsenden, später fructificirenden Endes der Pflanze sind gegenüberstehend und oft gabelig verzweigt, die fruchttragenden Aeste streben etwas aufwärts und sind mit Scheidewänden versehen, wie die übrigen Verzweigungen der Pflanze. Diese Stellung der Früchte an dem Ende eines besonderen Stieles giebt der Pflanze die Tracht eines Hyphomyceten, und da diese Stiele in der ersten Entwickelungsperiode am Ende spiralig gekrümmt sind, erinnern sie an die sehr nahe unter einander verwandten Hyphomyceten: Helicoma Corda, Helicosporium Nees, Helicomyces Lk., Helicotrichum Nees oder an Helicostylum Corda, dessen Fruchtstiele nach dem Abfallen der kugeligen, einfach häutigen Sporenbehälter sich ebenfalls spiralig krümmen.

Dennoch ist diese Pflanze kein Hyphomycet, sondern ein Gasteromycet; man könnte sie für eine höhere Entwickelungsstufe jener erstgenannten Hyphomyceten halten, denn ihre, in erster Jugend den reifen Früchten jener Schimmelpilze ähnlichen Früchte entwickeln sich zu

einer viel complicirteren, vollständig gebauten Fruchtform, da sie nicht in einer einfachen Zelle die Sporen einzeln oder zu mehreren enthalten, vielmehr noch eine mehr oder minder dicke Gewebeschicht als Hülle dieses Sporenbehälters haben. Es ist eben diese Fruchtform der Charakter der Bauchpilze (Gasteromycetes), deren einfachste Form die Gattung Erysibe bildet. Bei dieser nämlich ist die sporenenthaltende Zelle von einer einfachen Zellenschicht bedeckt, sie sitzt aber ungestielt auf ihrem Mycelium, und die Entwickelung der Rindenschicht ist verschieden von derjenigen des vorliegenden Pilzes. Deshalb betrachtete ich diesen als Typus einer eigenthümlichen Gattung und nannte ihn Helicosporangium. Auch bei diesem ist die sporenenthaltende Zelle von einer einfachen Zellenschicht umgeben, wie dieselbe bei 5 und 6 von aussen gesehen, bei 7 und 8 in verschiedenen Entwickelungsstufen, bei mittlerer Einstellung des Mikroskopes, gleichsam im Durchschnitte, gezeichnet ist.

Die eigenthümliche Entwickelung dieser berindeten Sporenbehälter auf ihren fadenförmigen, zelligen Stielen besteht darin, dass ein anfangs gerade aufsteigender Ast bald eine übergebogene Spitze bekommt. Die Krümmung der Spitze ist verschieden, wie bei 1 gezeichnet, bald bogenförmig, bald engspiralig. Die Endzelle dieses Astes schwillt bald bedeutender an als die übrigen Glieder und wird kugelig (2 und 3), dann erweitern sich auch die nächst unteren Zellen des Astes und schmiegen sich, während ihre Krümmung zunimmt, an die Oberfläche der endständigen, kugeligen Zelle an (4). Alle diese Zellen sind mit körniger, trüber Flüssigkeit angefüllt. Die auf die kugelige Endzelle folgende ist in der Regel grösser als die nächst unteren, zuweilen ist die zweite und selbst die dritte ihr darin noch ähnlich. Der Inhalt dieser erweiterten Stielzellen wird jetzt klar und durchsichtig, die oberste derselben bekommt in der Mitte ihrer gegen die kugelige Endzelle abgeplatteten Basis eine Herabsenkung in die jetzt mittlere kugelförmige Endzelle, welche darauf eine ziemlich rasch sich vergrössernde, mit eiweissartiger, undurchsichtiger Flüssigkeit angefüllte Kernzelle enthält (7). Gleichzeitig wachsen die Seitenränder der die mittlere kugelige Zelle umgebenden Stielzellen über diese kugelig gewordene Endzelle hinüber, wodurch dieselbe ihre vollständige, zellige Rindenschicht erhält (5 und 6).

Während des Anschmiegens der obersten Stielzelle an die mittlere

Endzelle und des Abplattens oder geringen Hineinsenkens in diese, welches mit dem Klären ihres Inhaltes zusammenfällt, erweitert sich die Kernzelle der Endzellen, und in ihr entstehen eine Anzahl, wie es scheint acht, kleinere Zellen, die sich mehr und mehr zu freien, elliptischen Sporen ausdehnen, während die Kernzelle die Grösse ihrer Mutterzelle erreicht (8).

Nicht ganz selten finden sich auf den Fruchtstielen sporangienähnliche Körper, jedoch von unregelmässiger,. von der beschriebenen etwas abweichender Form, bei denen der Ring z. B. nicht ganz um die Endzelle herumläuft (wie in 11) oder bei denen die mittlere Zelle kleiner blieb wie gewöhnlich, oder die Stielzellen nicht sich wie gewöhnlich zu der Rindenschicht vergrösserten; es blieben in solchen Fällen stets diese Fruchtformen ohne Sporen.

Es scheint also der beschriebene Entwickelungsvorgang der regelmässige und nothwendige für die Entwickelung der Sporen; und durch mehrere Erscheinungen, z. B. das Aufklären des Inhaltes der Stielzelle, deren scheinbares Entleertwerden bei gleichzeitiger Entwickelung der Kernzelle mit ihren Sporen in der kugeligen Endzelle, erinnerte derselbe an Erscheinungen, die ich bei der Entwickelung der Champignonfrucht (gesammelte Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen S. 344) und bei der Entwickelung der Frucht einer Flechte (das Geschlechtsleben der Pflanzen und die Parthenogenesis ebenda S. 337) beobachtete, welche nach Analogie anderer bekannter Vorgänge bei dem Befruchtungsprocesse der Pflanzen für einen solchen Befruchtungsact gehalten wurden, so dass auch hier die Vermuthung rege wird, es finde hier eine Vermischung des Inhaltes der erweiterten Stielzelle mit dem Inhalte der kugeligen Endzelle statt, sei es durch Diffusion oder durch unmittelbaren Uebertritt des ersteren in die Endzelle.

Wollte man sich nach mehreren Analogien mit den Geschlechtsvorgängen der vollkommneren Gewächse umsehen, so würde auch die Stellung der vermuthlich geschlechtlich differenzirten Zellen des Helicosporangium derjenigen der Geschlechtsorgane in den Blumen phanerogamer Gewächse entsprechen, indem in letzteren das weibliche Organ stets an dem Ende des fructificirenden Astes steht, oberhalb des männlichen.

In jeder der Sporen, welche in der centralen Fruchtzelle entstanden, bilden sich nach ihrem Hervortreten aus derselben zwei neue

Zellen (9), welche durch ihre Vergrösserung und gegenseitige Abplattung eine die Sporen halbirende Scheidewand bilden; darauf treibt jede derselben einen cylindrischen, fadenförmigen Schlauch (10), die Anfänge der jungen Pflanze.

Schwierig ist es zu entscheiden, welcher dieser beiden Pilze der verderblichere für die Mohrrübe ist, da ihr Gewebe, von der charakteristisch geformten Frucht beginnend, nicht mit Sicherheit bis in das Innere der Rübe verfolgt werden kann. Die Erfahrungen Kühn's sprechen für die Schädlichkeit des Polydesmus; die Organisation des Wurzelendes von Helicosporangium macht diesen Parasiten auf's höchste verdächtig, mit dessen Mycelium auch das im Innern des Rindengewebes der Rübe vorkommende Pilzgewebe übereinkommt.

Ob ein näherer Zusammenhang beider Formen, wie dies von Tulasne in ähnlichen Fällen von Erysibe und Puccinia etc. vermuthet wird,*) auch hier stattfindet, ist nur durch fortgesetzte Beobachtung zu entscheiden.

*) Und wie dies inzwischen durch Bary's und Oerstaedt's Untersuchungen anderer Pilze nachgewiesen wurde.

Ueber die Geschlechtsthätigkeit der Pflanzen.

Von

H. Karsten.

Nach dem Ausspruche eines alten griechischen Philosophen, des Heraklit, ist alles in ewigem Flusse begriffen. Es ist damit zunächst die Behauptung aufgestellt, dass eben nichts als Ruhendes, sondern alles nur als Werdendes und Bewegtes zu begreifen sei; und in der That, es ist das Ergebniss der neueren Naturforschung, abgesehen von den beschreibenden Disciplinen, nur eine grossartige Bestätigung für jenen heraklitischen Ausspruch. Ueberall die Gesetze der Bewegung zu erkennen und festzustellen, hat sie sich zur Aufgabe gemacht, denn Bewegung waltet nach ewigen Gesetzen in der ganzen Schöpfung.

Die Himmelskörper ebenso wie unsere Erde und die sie bewohnenden Geschöpfe sind unablässiger Veränderung unterworfen. Nirgend aber tritt die Vergänglichkeit alles Bestehenden, — der selbst die unveränderlich scheinenden Gestirne endlich unterliegen, indem sie den Stoff für neu entstehende Himmelskörper hergeben, — auffälliger hervor, als im Bereiche der organisirten Wesen.

Mit grosser Energie sehen wir diese ihren Lebenslauf zwar beginnen, aber ihn auch in immer umfangreicheren Perioden eines stets sich verlangsamenden Gestaltungsprocesses abschliessen.

Aber nur die Form des organischen Individuums ist vergänglich; in der Entstehung und Entfaltung neuer Keime sehen wir den absterbenden Organismus in unendlicher Reihe sich wieder und wieder erneuern und sein typisches Bild verewigen, das er durch sie als specifisch eigenthümliche Organisation, als Art, wiederherstellt.

So wie uns die Bahnen, in denen die Weltkörper den unendlichen Raum durchwandern, und die Gesetze, welche ihren Lauf regeln, be-

kannt sind, obgleich wir den allmächtigen Gesetzgeber nur ahnen, nicht begreifen können: so kennen wir auch den formellen Zusammenhang der verschiedenen aus einander sich entwickelnden Individuen, welche in stetiger Wiederholung des typischen Vorbildes die organische Species darstellen, wenngleich das innere, eigentliche Wesen dieser Regeneration und Erhaltung der Art uns zur Zeit noch gänzlich unbekannt ist, wie es ihr erster Ursprung stets sein wird.

Gleich den aus unendlich kleinen Anfängen heranwachsenden Krystallen, deren eigenthümliche Formen die Repräsentanten eben so vieler verschiedener chemischer Mischungen sind, wächst jeder Organismus aus einem unendlich kleinen bläschenförmigen Körper, einer Zelle, heran, die höchst wahrscheinlich für jede specifisch eigenthümliche Form, für jede Art, gleich dem von geraden Flächen begrenzten Krystalle, der geformte Ausdruck einer eigenthümlichen chemischen Mischung ist.

Beide, Krystall und Zelle, sind die Producte des Gestaltungstriebes sich individualisirender chemischer Verbindungen. Während sich indessen der Krystall in der tropfenförmigen Mischung, die sich aus der Mutterlauge aussondert, unabhängig von der Gestalt des ihn umgebenden Mediums bildet, sehen wir dagegen die chemische Mischung, welche sich zu einer Zelle zu formen vermag, nur innerhalb einer organisirten lebensthätigen Zelle entstehen. Dort ist die gestaltende Kraft eine concentrirende, Flüssigkeiten ausscheidende, hier eine nach aussen abgrenzende und flüssige Stoffe einschliessende.

Und nur innerhalb schon vorhandener, lebensthätiger Wesen sehen wir, wie gesagt, die chemische Mischung sich bilden, aus der sich diese organischen Keime gestalten; denn die Meinung älterer Philosophen und Naturforscher, dass, gleich den Krystallen, auch jetzt noch die Keime von Organismen aus unorganischen Substanzen ausserhalb eines lebenden Organismus sich erzeugen, ist seither durch bedächtige, gründliche Forschung nicht bestätigt worden.

Und zwar entfaltet sich diejenige Zelle, welche die Anfänge eines neuen, die Grundform der Art fortzupflanzen-fähigen Keimes bildet, den sorgfältigsten Beobachtungen der Entwickelungsgeschichte der Organismen zufolge nur durch das Zusammenwirken zweier verschiedenartiger Formelemente des völlig entwickelten Organismus.

Denn wenn auch schon eine einzelne Zelle eines Organismus,

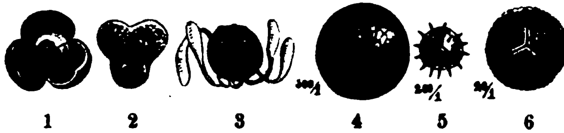
ohne dass eine zweite, verschiedenartige, mit ihr sich vereinigte oder ihren flüssigen Antheil an sie abgäbe, den Keim eines neuen, gleichgearteten Individuums darstellt und diesen zu entwickeln im Stande ist: so dienen solche Keime dennoch nicht wie jene zur Erzeugung von Individuen, welche vorzugsweise die specifische Gestalt der Art (Species) hervorbringen und erhalten; sondern nur zur Weiterentwickelung des Individuums und, wie in der Regel, zur Vermehrung desselben mit seinen mannigfachen, von Ernährung und Zucht abhängigen Eigenthümlichkeiten.

Während die Knospen bei den thierischen Organismen selten und nur bei den einfachsten Formen derselben vorkommen, sind sie vielmehr Regel bei den zum Bestehen der Thiere massenhaft nothwendigen Pflanzen. Gewöhnlich entwickeln sich diese Knospen schon zu einer mehr oder minder grossen Vollkommenheit, während sie noch in Verbindung mit der Mutterpflanze sich befinden (zu Zweigen); in den niedrigsten Pflanzengruppen jedoch trennen sie sich häufig schon als einfache Zellen, als Sporen (I.), (Keimkörner, Keimzellen), Gonidien (II.) von der mütterlichen Pflanze.

Die Entstehung und Entwickelung dieser zur Vermehrung der Einzelwesen bestimmten Zellen ist in keiner Weise verschieden von den allgemein verbreiteten Wachsthumsvorgängen der organisirten Geschöpfe; sie besteht in auf einanderfolgender Bildung und Entwickelung von Zellen in Zellen. Nur dadurch unterscheiden sich diese im unentwickelten Zustande von der Mutterpflanze sich trennenden Knospenzellen von den übrigen, die vegetative Lebensthätigkeit des Organismus ausführenden Gewebezellen, dass sie schon während ihres Zusammenwirkens mit dem mütterlichen Organismus eine höhere Entwickelungsstufe erreichen, indem sie, bei gleichzeitiger Neubildung jüngerer, innerer, eine vielfältigere Wiederholung der Metamorphose und Verflüssigung ihrer älteren, äusseren Glieder erleiden und schliesslich schon innerhalb des mütterlichen Körpers frei in der Höhlung einer Mutterzelle oder eines zusammengesetzten Organes vorkommen.

Es sind dies vorzüglich jene mittelbar zur Fortpflanzung, zur Blumenbildung des Individuums dienenden, Sporen genannten Knospenzellen der Gefässkryptogamen (Fig. I.); sowie einige die Vermehrung

Fig. I. Verschiedene Formen von Sporen (Blumenknospen-Mutterzellen).



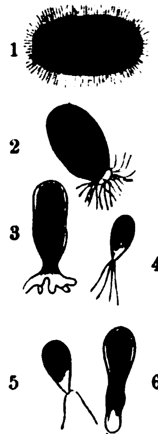
1. und 2. Farnsporen, man vergl. Fig. VII. 2. — 1. Spore von Hymenophyllum, deren dickere Aussenhaut sich dreiklappig geöffnet hat und eine gedreite Spore erkennen lässt. 2. Spore einer Cyathea. 3. Sporen eines Schachtelhalms, Equisetum, deren Aussenhaut in vier gleich lange Fäden (Schleuderer) zerspalten ist. 4. Spore vom Bärlapp, Lycopodium clavatum L. 5. Kleine Spore einer dem Bärlapp verwandten Selaginella, aus welcher sich die Antherozoiden (Samenfäden) entwickeln. 6. Grosse Spore derselben Pflanze, aus der ein kleiner Vorkeim mit den Archegonien hervorwächst (VII. 3, 5).

der Individuen ausführenden aus der Klasse der Zellenkryptogamen, bei welchen letzteren sie sehr häufig selbst mit zarten, schwingenden, wimperförmigen, zur Fortbewegung geeigneten Organen versehen sind (Fig. II.).

Diese höhere Potenzirung und dieses Freisein sind gleichfalls für die eine der beiden verschiedenartigen Zellen, welche zur Zeugung eines neuen, die Erhaltung der Art bewirkenden Keimes dienen (die geschlechtlich verschiedenartigen Zellen) und zwar für die männliche Zelle (VIII. und IX.) sehr charakteristische Eigenschaften: während die weibliche Zelle (der Keimsack) nur ersteren Charakter theilt, nicht aber frei in dem sie enthaltenden Organe (Archegonium bei den Kryptogamen (VI. 5.), Ovulum bei den Phanerogamen (X. 6.) genannt) vorkommt, sondern eng anliegt an dessen, in der Regel bedeutend entwickelten Gewebe, dessen Auflösungsproduct ihr z. Th. zur Nahrung dient.

Aber auch von diesem sehr allgemein durchgeführten Entwickelungsgesetze der Geschlechtszellen finden sich Ausnahmen, und zwar bei den einfachen Pflanzenformen, z. B.

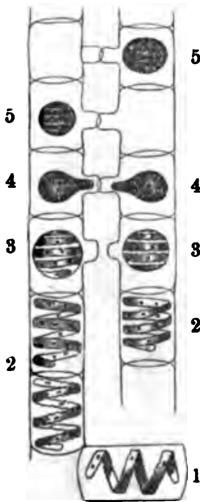
Fig. II. Verschiedene Formen von Gonidien (Laubknospen-Mutterzellen) fadenförmiger Algen.



1. Ringsum bewimperte Knospenzelle von Vaucheria. 2. Knospenzelle von Oedogonium mit einem Wimpernkranze versehen. 3. Dieselbe keimend-wurzelnd. 4. Knospenzelle von Ulothrix. 5. Eine solche von Cladophora. 6. Dieselbe keimend.

bei den Stückelalgen und Jochfäden (Fig. III.) (Diatomaceen und Zygnemaceen). Die Zellen dieser Pflanzen trennen sich bei mangelhafter Ernährung von einander und entwickeln sich vereinzelt weiter, als Keime neuer Individuen; während eben diese Zellen, kräftiger ernährt, nach vorgängiger höherer Potenzirung durch vervielfältigte Regeneration, sich unmittelbar mit einander vereinigen, indem ihre Häute mit einander zu einer einzigen Zelle verwachsen (III. 4.), und eine in dem gemischten, trüben, flüssigen Inhalte enthaltene Keimzelle zur Entwickelung angeregt - oder indem durch die Vermischung ihres verschiedenartigen, flüssigen Inhaltes die Keimzelle, der Anfang des neuen Keimes, erzeugt wird, und sich nach längerer oder kürzerer Ruhe zu der typischen Form der Art entwickelt.

Fig. III. Spirogyra quinina z. Th. in der Copulation begriffen.



1. Eine sich gonidienartig abtrennende Zelle. 2. Normal geformte Zellen. 3. Die secundären Zellen zusammengezogen, die primären warzig ausgewachsen, die Copulation vorbereitend. 4. Andere Zellen, kurz vor der Copulation. 5. Neugebildete Keime, Sporen (Samen) durch Vereinigung zweier secundärer Zellen.

Dieser einfache Vorgang der Vereinigung der beiden unverhüllt vorliegenden Zellen (III. 2—2, 3—3, 4—4) zu einer einzigen dritten (5.) bei gleichzeitiger Mischung ihres flüssigen Inhaltes führt uns die Grundbedingungen der geschlechtlichen Keimerzeugungen vor, welche in allen verschiedenen Entwickelungsstufen des Pflanzenreichs, wenn auch in mannigfachen Formverschiedenheiten überall ausgeführt sind.

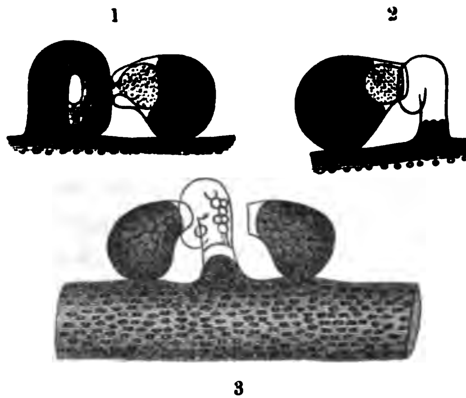
Mit gleicher Klarheit lässt die der Spirogyra verwandte, auf feuchtem Boden wachsende Vaucheria (IV. b.) diese Entstehung der Keimzelle durch Vereinigung zweier Zellen, deren eine, die männliche, schon frei in ihrer Mutterzelle enthalten war, erkennen. Auch bewegt sich diese männliche Zelle im Wasser schwimmend nach der benachbarten weiblichen hin, legt sich an dieselbe an (5.) und verwächst mit ihr (6.) zu dem nach mehr oder minder langer Ruhe sich entwickelnden Keime (7.).

Von minderer Bedeutung für das Wesen

des geschlechtlich erzeugten Keimes, obgleich nicht ganz bedeutungslos, ist die mehr oder minder lange Vegetationsperiode desselben vor seiner ferneren Entwickelung zu einem neuen Individuum.

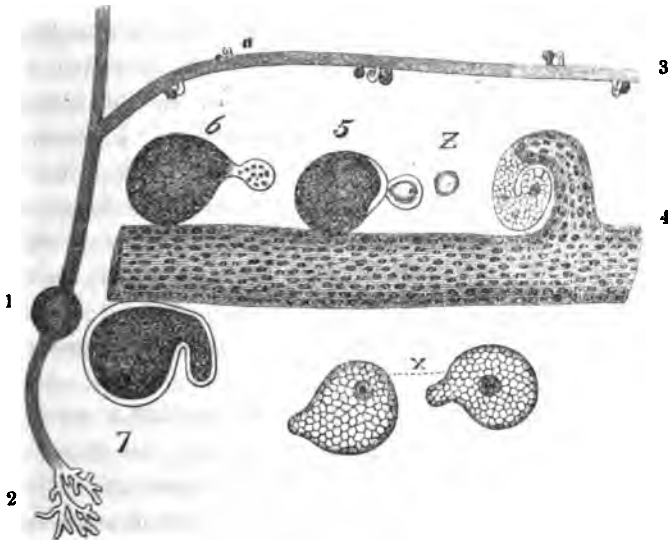
Diese Eigenschaft kommt auch den Knospen der höchstorganisirten Pflanzen zu; dagegen findet bei den

Fig. IV. a. Vaucheria.



1. In der Copulation begriffen. 2. Die grössere, weibliche Zelle, eben befruchtet. 3. Zwei weibliche befruchtete neben einem männlichen entleerten Organe.

Fig. IV. b. Vaucheria Tovarensis Krst.



1. Eine gekeimte Schwärmspore (IV. b. 1.) der Vaucheria mit einem Wurzelaste 2 und einem die Geschlechtsorgane tragenden Aste 3. Das männliche Organ 4 ist an seiner Spitze geöffnet und eine kugelige Zelle *z* aus demselben hervorgetreten, welche sich an das weibliche Organ 5 anlegt und mit demselben zu einem Keime verwächst. 6.—7. Ein anderer Keim nach einigen Tagen, zwei andere *x* nach mehren Wochen farblos gewordene Keime.

mit Gefässen versehenen Kryptogamen das umgekehrte Verhältniss statt, indem bei ihnen die Sporen, nicht aber die geschlechtlich erzeugten Keime eine Ruheperiode durchlaufen.

Bei manchen einfachen Pflanzen, z. B. den oben genannten Diatomaceen und Zygnemaceen (Fig. III.), sind Verschiedenheiten, die als geschlechtliche gedeutet werden könnten, zwischen den sich vereinigenden Zellen und Vegetationszellen bisher nicht zu entdecken gewesen. Auch haben die beiden sich vereinigenden Zellen, wie es scheint, eine gleiche Form und einen chemisch gleichen Inhalt. Und doch müssen sie irgendwie verschieden sein, da nach allgemeiner Erfahrung zwischen absolut Gleichem keine Wechselwirkungen eintreten, sondern nur vollkommene Gleichgültigkeit besteht. Zwei Zellen eines Individuums oder zweier verschiedener Individuen findet man mit einander vereinigt und den Inhalt beider sich, ohne erkennbare Gesetzmässigkeit, in der Zelle des einen oder andern Individuums vermischen.

Anders gestaltet sich der Vorgang bei anderen Algen, sowie auch bei den Flechten und Pilzen. Obschon bei diesen Pflanzen die Erzeugung von Keimen gleichfalls durch den eben beschriebenen Act der Copulation zweier Zellen (III. und IV. a. b.) veranlasst wird: so ist doch stets die Form und noch entschiedener der Inhalt der beiden sich vereinigenden Zellen unter sich verschieden. Diejenige dieser beiden Zellen, in der sich später der befruchtete Keim entwickelt, ist hier beständig grösser als das männliche Organ. Ihr Inhalt ist reich an Stoffen, welche von dem sich entwickelnden Keime zur Entfaltung der Zellwand verbraucht werden. Dagegen enthält die kleinere, die befruchtende Function ausübende Zelle vorwiegend Stickstoffverbindungen, welche das Material für die Entstehung neuer Zellen geben.

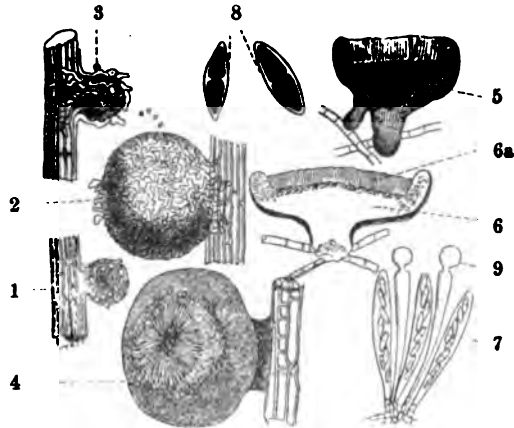
Diese beiden verschiedenartigen Zellen, gewöhnlich nahe bei einander in dem mütterlichen Organismus entstanden und über demselben in Form von Zweigen hervorgewachsen (IV.), schmiegen sich eng an einander (IV. a. 1.), ja die eine Zelle wächst selbst in gewissen Fällen in die zweite, gewöhnlich grössere, theilweise hinein; bald findet man sie ihres Inhaltes entleert (IV. a. 2., V. 3.), während zu gleicher Zeit innerhalb der grösseren Zelle die Keimbildung für eine neue Generation beginnt.

Die Vermischung des Inhaltes beider Zellen ist nur in wenigen

Fällen wirklich beobachtet; es wird jedoch eine solche auch in den übrigen angenommen, da das mit trüber eiweissartiger Materie anfangs gefüllte kleinere Organ nach dem Verwachsen mit der grösseren Astzelle nur wasserhelle Flüssigkeit enthält (IV. a. 1., V. 3., XII. 7.).

Der einzeln (IV.) oder zu mehreren (Moose, Pilze, Flechten, V., VI.) in der befruchteten Zelle entstandene neue Keim entwickelt sich je nach den äusseren Verhältnissen, entweder sogleich oder nach kürzerer oder längerer Frist; in letzterem Falle verdickt sich die Zelle mehr oder minder (Vaucheria u. a.), im ersteren wird sie von einer Gewebeschicht überwachsen und umhüllt, welche aus zahlreich sich vermehrenden und sich verzweigenden benachbarten Aesten entsteht (Pilze, Flechten, V., XII., XIII.).

Fig. V. Entwickelungsgang der Frucht einer Flechte (Coenogonium Andinum Krst.).

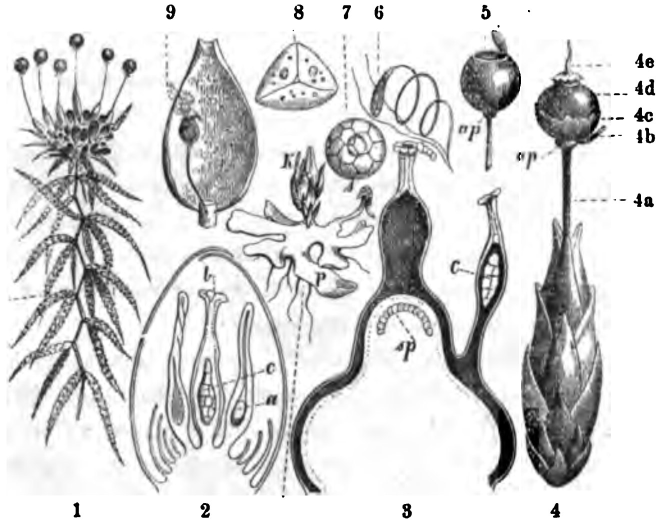


1. Ein Stückchen von der fadenförmigen Flechte mit einer kugeligen Astzelle, deren Haut, an manche Pollenzellen erinnernd, viele porenähnliche Stellen hat und die im Centrum eine junge Zelle, die der Keimzelle vergleichbare Mutterzelle der Flechtenfrucht, enthält. 2. Dieselbe Zelle (1) überwachsen mit vielen zarten Astzellen, deren Inhalt wahrscheinlich von der kugeligen Zelle aufgenommen wird. 3. Ein älterer Entwickelungszustand derselben Zelle. 4. Eine ähnliche, aber ältere, von einer dicken Schicht verzweigter Aeste bedeckte Zelle längsdurchschnitten; man erkennt schon die concentrisch gelagerten Sporenschläuche. 5. Ein anderer ähnlicher älterer Entwickelungszustand mit entwickelter Sporenschlauchschicht, welche die Oberfläche der kelchartig ausgebreiteten Rindenschicht bildet. 6. Eine völlig entwickelte Flechtenfrucht (apothecium). 7. Einige Sporenschläuche. 9. Paraphysen derselben. 8. Zwei reife Zwillingssporen (Samen).

Bei den höher organisirten, mit Blättern versehenen Kryptogamen und höchst wahrscheinlich auch bei den Charen ist dies, einer einfachen nackten Samenknospe (ovulum) der Phanerogamen zu vergleichende, hier Archegonium genannte, Organ nicht so einfach, sondern innen mit einer

Schicht von Zellen ausgekleidet, welche in ihrer Mitte die zu befruchtende, keimerzeugende Zelle birgt (VI. 2. — VII. 5.).

Fig. VI. Darstellung der Geschlechtsorgane eines Torfmooses (Sphagnum acutifolium).



1. Ein fructificirendes Sphagnum acutifolium. 2. Längendurchschnitt einer weiblichen Blume mit 3 Archegonien, in deren Centralzelle *a* der Keim *c* entsteht. 3. Zwei Archegonien einer Blume mit Keimen, deren einer *c* unentwickelt blieb, der andere schon die Mutterzellen der vielzählig entstehenden Samen (Sporen) erkennen lässt (*sp*); bei *r* ist der Keim mit dem Blumenboden verwachsen. 4. Der zu einer gefüllten Samenkapsel entwickelte Keim auf dem stielförmig verlängerten Blumenboden (4. *a.*) ruhend. 4. *b.* Das nicht entwickelte Archegonium auf der angeschwollenen Spitze des Blumenbodens (apophyse) *ap*. *c*. Der untere Theil (vagina). *e*. Der obere Theil (calyptra) der die Frucht umhüllenden Rindenschicht. 5. Eine Frucht mit geöffnetem Deckel. 6. Stark vergrössertes Antherozoid, welches aus dem blattgegenständigen Antheridium (Fig. 9) stammt. 8. Eine Spore *s*, aus welcher sich der Vorkeim *p* und die junge Pflanze *k* entwickelt. 7. Körperchen, welche neben den Sporen in den Kapseln (4 und 5) enthalten sind.

Eine Gruppe dieser beblätterten Kryptogamen, nämlich die gefässlosen, nur aus Zellen bestehenden Moose, zeigen die merkwürdige Eigenthümlichkeit, dass die eine befruchtete Zelle im Innern des Archegoniums nicht allein zu sehr vielen neuen Keimen (Samen) sich entwickelt, sondern auch aus einem Theile des in ihr anfangs entstandenen Gewebes einen fruchtförmigen, complicirt gebauten Behälter bildet, welcher die vielen Keime einschliesst (VI. 2. 3. 4.).

Während also bei den vollkommener organisirten Pflanzen jedes entwickelte Individuum in mehrere einzelne (Knospen) sich zu trennen oder getrennt zu werden vermag, theilen sich hier überdies schon die frühesten Keimzustände; ein Verhalten, welches bei jenen vollkommenen Gewächsen nur in der Klasse der Zapfenbäume (Nadelhölzer) annähernd ähnlich beobachtet wurde.

Auch bei den Thieren finden sich dergleichen Keimtheilungen, sowohl bei den Eiern, z. B. mancher Eingeweidewürmer, als auch bei schon entwickelten Individuen, z. B. den Medusen, woselbst dieser Vorgang Generationswechsel genannt wurde, und bei den Blattläusen, bei denen, entsprechend der Knospenvermehrung der Pflanzen, selbst mehrere aufeinanderfolgende Generationen von Keimen sich auseinander entwickeln, ohne jedesmalige geschlechtliche Vermischung, vielleicht durch ähnliche Theilung befruchteter Keime.

In anderer Weise ganz eigenthümlich, sowohl abweichend von den beblätterten Zellenkryptogamen, als auch von den (mit wirklichen Blumen versehenen) Phanerogamen, entwickeln dagegen die Gefässkryptogamen (VII.) diese weiblichen Geschlechts-Organe, indem diese (5.), wie auch die befruchtenden, männlichen (6.), nicht im Zusammenhange mit dem mütterlichen Individuum entstehen, sondern aus den oben erwähnten, gonidienartig von demselben abgetrennten Zell-Knospen (Sporen VII. 2.), welche nach dieser Trennung von der Mutterpflanze mehr oder minder blattförmig auswachsen (VII. 3, 4. 8.).

Die zu diesen beiden Gruppen von Kryptogamen gehörenden Pflanzen waren es, an denen zuerst erkannt wurde, dass auch Linné's Kryptogamen gleich den Phanerogamen geschlechtlich erzeugte Keime hervorbringen.

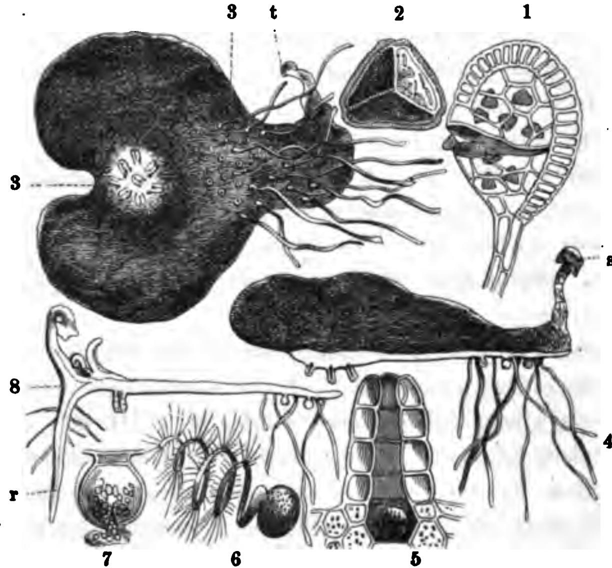
Von den Moosen nämlich hegte schon Hedwig die Ueberzeugung, dass gewisse hier sogleich zu beschreibende Organe die Geschlechtsfunction der Staubgefässe und des Pistilles der phanerogamen Gewächse auszuüben hätten.

Indessen wurde erst vor etwa 20 Jahren durch Suminsky das wirkliche Stattfinden eines Befruchtungsvorganges an den zu den Gefässkryptogamen gehörenden Farnen durch directe Beobachtung nachgewiesen.

Das weibliche Geschlechtsorgan der beblätterten kryptogamischen Gewächse schliesst sich durch seine zellige Umhüllung, wie gesagt,

demjenigen der phanerogamen Pflanzen, dem: „Samenknospe oder Ei“ (ovulum) genannten Körper zunächst an.*)

Fig. VII. Darstellung der Sporenentwickelung der Farrne zu dem die Geschlechtsorgane tragenden Vorkeime.



1. Geöffnetes Sporangium mit reifen Sporen von Pteris. 2. Stark vergrösserte Spore, bei 3. und 4. *s.* gekeimt und zu dem blattartigen, herzförmigen Vorkeime entwickelt, auf dessen Unterfläche zwischen den Haarwurzeln Antheridien und am vorderen Ende Archegonien stehen. In Fig. 4 ein Vorkeim der Länge nach durchschnitten. 5. Ein längsdurchschnittenes Archegonium, in dessen Grunde sich die Keimzelle befindet. 6. Ein stark vergrössertes Antherozoid aus dem Antheridium Fig. 7.—8. Eine im Vorkeime wurzelnde, aus der Keimzelle (5.) entwickelte Keimpflanze, im Längendurchschnitte; *r.* die zum ersten Blatte gehörende Adventivwurzel. Neben der Keimpflanze befindet sich ein nicht befruchtetes Archegonium.

Indessen finden sich in dieser letztgenannten Klasse von Pflanzen, welche die höchstorganisirten des Gewächsreiches umfasst, nur selten, z. B. bei den in den Tropengegenden wachsenden parasitischen Balanophoren, die weiblichen Zeugungsorgane von solcher Einfachheit, wie sie diese Kryptogamen besitzen. Ganz in der Regel ist dies Organ

*) Das der Eizelle der Thiere zu vergleichende Organ bei den Pflanzen ist der, die Keimzelle enthaltende Keimzellsack.

bei den Phanerogamen nicht nackt, sondern umhüllt von einer oder mehreren zusammengesetzten Gewebeschichten (X. 6., XI. 10.) und ihr Inhalt nicht eine einfache Zellenschicht, sondern ein mehr oder minder bedeutendes Gewebe, welches die eine grössere Zelle, die Keimsackzelle, birgt. Ja bei einigen Phanerogamen, bei den Zapfenbäumen, den Kiefern und ihren Verwandten, welche, wie bemerkt, eine Art von Keimtheilung erkennen lassen, kommt selbst dieses Zellgewebe, welches die eigentliche weibliche Zelle, die Keimsackzelle, umgiebt, dadurch als zweifache Hülle vor, dass sich innerhalb des ersten Keimzellsackes wiederum ein Gewebe von Zellen bildet, von denen eine oder mehrere sich zu secundären Keimsackzellen (hier seit ihrer Entdeckung corpuscula genannt) entwickeln, so dass sich diese Pflanzen, in dieser Beziehung, als vollständiger gebaut ausweisen, wie die übrigen Phanerogamen.

Ueberdies ist das ganze zusammengesetzte Organ, welches die keimerzeugende, weibliche Zelle birgt, bei den phanerogamen Pflanzen eingehüllt von einem Blatte (dem Fruchtblatte) (VIII. 10., XI. 4.), von dessen Rändern oder auf dessen innerer Oberfläche dasselbe hervorsprosst; selten nur steht es frei auf einem nicht zusammengefalteten oder rudimentären Fruchtblatte. (Bei den Gymnospermen.)

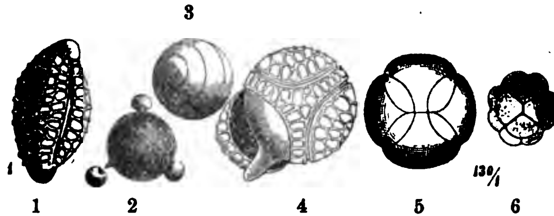
So sehen wir den Bau der weiblichen Zelle von den einfachst organisirten zu den zusammengesetztesten aufsteigend, in gleichförmiger Entwicklung immer complicirter werden; die eigentliche Keimzelle, die Grundlage und den Anfang des künftigen Organismus, bei vielen der einfachsten Gewächse erst nach der Copulation, wie es scheint, aus der Mischung der Säfte der beiden Geschlechtszellen entstehen; bei den zusammengesetzteren Pflanzen meistens schon vor der Befruchtung vorhanden, immer tiefer verborgen unter vielzähligeren Hüllen.

Eine ähnliche Mannigfaltigkeit wie in der Umhüllung der weiblichen Zelle findet sich auch bei der zweiten geschlechtlichen Zelle, bei derjenigen, die die befruchtende, zur Entwickelung anregende Wirkung auf den Inhalt der Keimsackzelle ausübt, und zwar finden sich auch von ihr die grössten Formverschiedenheiten bei den niederen, einfacher gebauten, kryptogamischen Gewächsen.

Während bei der oben erwähnten einfachsten Befruchtungsform, der Copulation, zwei Gewebezellen sich unmittelbar an einander legen und ihre secundär entstandenen Zellen mit einander sich zu einer ver-

einigen: ist in anderen Fällen dieser befruchtende Stoff der Inhalt von eigenthümlichen Zellen, die nach Verflüssigung ihrer Mutterzellen mehrzählig in dem sie enthaltenden Organe frei, selten zu einem Gewebe mit einander vereinigt, beisammen liegen.

Fig. VIII Männliche Zellen von Phanerogamen (Pollenzellen).



1. Pollenkorn einer Lilie, dessen netzig verdickte Hülle sich mit einem Längenspalt öffnet, durch welchen der Pollenschlauch hervortreibt. 2. Pollen von Schachtea mit drei deckelartig sich abtrennenden Zwischenzellen (Zwischenkörperchen Fritsche's). 3. Pollen von Thunbergia mit spiralig gespaltener Oberhaut. 4. Pollen einer Passiflora mit drei grossen Deckeln, von denen einer sich ablöste, während die innere Zelle zum Pollenschlauch auswuchs. 5. Pollen von Neottia, aus vier noch in der Mutterzelle eingeschlossenen Pollenzellen bestehend. 6. Pollen von Acacia, aus 16 Pollenzellen zusammengesetzt.

Zur Zeit der vollkommenen Entwickelung treten sie aus dem bei den Phanerogamen Staubbeutel (anthera), bei den Kryptogamen Antheridium genannten Organe hervor, um mittelst Anhangsorgane, welche sich im Wasser schwingend bewegen (dann Antherozoiden genannt, Fig. IX.) oder durch Vergrösserung ihrer eigenen Membran (Pollen, Fig. VIII.) die zu befruchtende Zelle zu erreichen.

Das letztere, die Vergrösserung der Haut der männlichen Zelle durch Wachsthum, findet bei den in der Luft blühenden Phanerogamen statt, nachdem sie auf die Umhüllung der weiblichen Zelle, auf die Eihüllen oder auf das Fruchtblatt (das Pistill) gelangten (X. 2., XI. 10. st.).

Dieser Pollen, welcher in dem Staubbeutel, wo er sich bildete, die Stelle des Parenchyms der Blätter einnimmt, aus deren Metamorphose die Staubgefässe hervorgingen, besteht wie alle Zellen des Pflanzen- oder Thier-Gewebes aus einem Systeme in einander geschachtelter, einfacher, blasenartiger Zellen mit schleimig-körnig-flüssigem Inhalte. Die äusserste Haut dieses Zellensystemes ist häufig stark verdickt und durch Verwachsung mit einer Schicht kleiner, ihrer

inneren Oberfläche anliegenden Zellchen auf's Mannigfaltigste und Eigenthümlichste geformt (VIII. 1. 2. 3. 4.). Zur Zeit der Function des Pollens öffnet sich, bei jeder Pflanzenart in eigenthümlicher Weise, seine äussere Zellwand, um die secundäre innere Zelle hindurch zu lassen (VIII. 2. 4., X. p. t.).

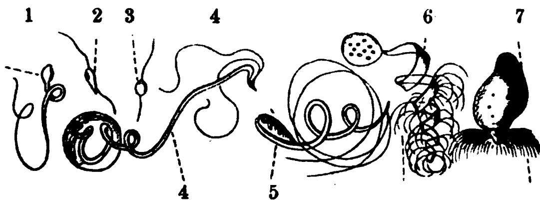
Die häufigste Verdickungsform dieser äussersten, glatten oder warzigen, stachligen Pollenzellhaut lässt bei den Dikotyledonen in der Regel drei, oft mehr, durch Verflüssigung der betreffenden Theile entstandene, rundliche, verdünnte Stellen, bei Monokotylen meist einen Spalt (VIII. 1.) erkennen, an welchen Stellen die secundäre innere Zelle zur Zeit der Befruchtung hervortritt. In anderen Fällen trennen sich kleinere oder grössere Deckelchen von den als Oeffnungen zurückbleibenden Stellen, oder es spaltet sich die ganze Haut; zuweilen selbst in Spirallinien (VIII. 3.).

Bei einzelnen Pflanzenfamilien findet sich der Pollen nicht völlig frei innerhalb des Staubbeutelfaches (XI. 11. 12. p., X. 3.), sondern die zusammen gehörenden Schwesterzellen noch eingeschlossen in ihren Mutterzellen (VIII. 5.) oder Urmutterzellen (VIII. 6.).

Aehnliche Formen wie bei dem Pollen finden sich bei den oben erwähnten Sporen (Keimkörnern, Gonidien) der Gefässkryptogamen, die den Pollenzellen in ihrer Entwickelungsweise und in ihrem Baue so ähnlich sind, dass ihnen von einzelnen älteren Naturforschern selbst die Function des Pollens zugeschrieben wurde.

Die männlichen Zellen dieser Gefässkryptogamen, die Antherozoiden, sind ebenso wie die der übrigen Kryptogamen, so weit ihr Bau bei ihrer sehr geringen Grösse hinreichend bekannt ist, insofern ähnlich gebaut, als sie gleichfalls aus einer inneren, die befruchtende

Fig. IX. Männliche Zellen von Kryptogamen (Spermatozoiden).



1. Von einem Laubmoose (Polytrichum). 2. und 3. Von Fucus. 4. Von einem Lebermoose (Pellia). 5. Von einer Characee (Nitella). 6. Von einem Farrn (Gymnogramme). 7. Von Equisetum.

Flüssigkeit enthaltenden Zelle bestehen, welche mit einer äusseren verdickten, im unentwickelten Zustande sie meist spiralförmig umgebenden, später als wimperförmiges Anhangs- und Bewegungsorgan dienenden Zellhaut versehen ist (Fig. IX.).

Diese männlichen Zellen der Kryptogamen verlängern sich nicht durch Auswachsen, um die weibliche Zelle zu erreichen und ihren flüssigen Inhalt mit demjenigen dieser keimerzeugenden Zelle nach Art der Spirogyren zu vermischen, sie bewegen sich vielmehr für diesen Zweck mittelst ihrer hygroskopischen, im Wasser sich schwingend drehenden Anhangsorgane nach der zu dieser Zeit gleichfalls unter Wasser befindlichen weiblichen Zelle hin, um jene Vermischung für die Erzeugung eines neuen Individuums ausführen zu können (VI. 6., VII. 6.).

Diese Verschiedenheit des Verhaltens und der damit correspondirenden Form der männlichen Zellen bei Phanerogamen und Kryptogamen entspricht dem Aufenthaltsorte der Geschlechtsorgane dieser beiden grossen Pflanzengruppen zur Zeit der Befruchtung: im Wasser nämlich bei den Kryptogamen, in der Luft bei den Phanerogamen.

Einige Beispiele des Befruchtungsvorganges von Pflanzen aus den verschiedenen Gruppen des Gewächsreiches werden die Vorgänge der Befruchtung und die Entstehung derjenigen Zelle, welche die ursprüngliche Form der Art fortzuführen bestimmt ist, anschaulich zu machen geeignet sein.

Beginnen wir diese Betrachtung mit einer der vollständigst organisirten, längst bekannten und allgemein verbreiteten Pflanzen, mit der Kirsche (Prunus Cerasus L.), so finden wir hier, dass die schon im Herbste innerhalb der Knospenhüllen verborgenen, mehr oder minder entwickelten, sich im Frühlinge vor den Blättern entfaltenden Blumen nach der Bezeichnungsweise Linné's „Zwitterblumen" sind, d.h. dass sie diejenigen Organe, welche die männlichen und weiblichen Zellen einschliessen (X.4.), neben einander innerhalb derselben Blumenhülle enthalten, als die letzten blattartigen Organe ihres Stengeltheiles. Die Blumenhülle besteht hier aus zwei Kreisen von rudimentären Blättern (X. 1.), einem grüngefärbten äusseren, dem Kelche, und einem nächst inneren,

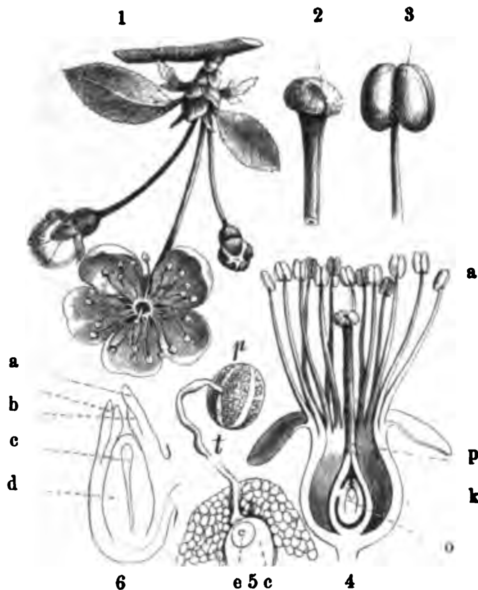
zarteren, weissgefärbten, der **Blumenkrone**, welche beiden Kreise aus fünf Gliedern bestehen, deren fünf innere, dem allgemeinen Gesetze des Blumenbaues entsprechend, mit den äusseren abwechseln.

Auf diese Blumenblätter folgen die pollenerzeugenden männlichen Organe (X. 3. 4. a.), hier mindestens 20 an der Zahl, also in 4 Kreisen, deren jeder 5 Glieder enthält. Jedes dieser Staubgefässe besteht, entsprechend dem Stiele und der Fläche des Blattes, aus dem **Faden** (filamentum) und dem auf der Spitze des Fadens stehenden **Staubbeutel** (anthera).

Die Basis aller Staubfäden ist mit derjenigen der Blumen- und Kelchblätter untereinander zu einem krugförmigen Organe (k.) verwachsen, welches den, die weibliche Zelle erzeugenden Fruchtknoten mehr oder minder vollständig umhüllt.

Gleich der Blattfläche des Kirschbaumes besteht der Staubbeutel aus der Mittelrippe, hier Bindeglied (connectivum) genannt und aus den hier zu hohlen röhrigen Organen umgeänderten Blatthälften. Statt der grün-

Fig. X. Befruchtungsorgane der Kirsche (Prunus Cerasus).



1. Blumen und Knospen in natürlicher Grösse. 4. Eine blühende Blume längsdurchschnitten und vergrössert. *k.* Kelchrohr, dem die Blumenblätter und Staubgefässe angewachsen sind. *p.* Pistill mit der Samenknospe *o* aus dem Kern und zwei Hüllen bestehend. 6. Die Samenknospe besonders, vergrössert gezeichnet mit dem Kerne *d*, welcher den Keimsack *c* enthält, und den beiden Hüllen *b* und *a*, deren freie Ränder den Mund der Samenknospe bilden. 2. Ein Stückchen vom Griffel mit der Narbe stärker vergrössert. 3. Ein Staubbeutel stärker vergrössert. 5. Die Spitze des Kernes der Samenknospe (6. *d*) stärker vergrössert mit der in dem Keimsacke *c* enthaltenen Keimzelle *e* und dem Pollenschlauche *t*, der sich aus der Pollenzelle *p* entwickelt.

gefärbten Parenchymzellen und des Blattadernetzes bergen hier diese röhrigen Organe innerhalb der die Hülle bildenden Oberhaut eine Menge frei nebeneinander liegender kugeliger Zellen (Pollen), deren jede (X. p.), wie oben beschrieben, innerhalb einer dickeren mit drei Oeffnungen versehenen Haut eine zartere, die befruchtende Materie enthaltende Zelle umschliesst.

Nicht wie die Pollenzelle aus dem inneren Zellgewebe eines zu dem Staubbeutel umgewandelten Blattes, geht die weibliche Zelle aus dem Fruchtknoten hervor; vielmehr sprossen hier aus diesem, später zu der aussen fleischigen Frucht sich entwickelnden, sogenannten Fruchtblatte (und zwar aus seinen Rändern) (X. 4. p.) erst die Organe, die Samenknospen (ovula), hervor, in denen die weibliche keimerzeugende Zelle, der Keimsack, entsteht.

Auch ist diese weibliche Zelle nicht frei innerhalb der Samenknospen enthalten, wie der Pollen in dem Staubbeutel; sie liegt vielmehr stets dem umgebenden Gewebe eng an, indem sie dasselbe bei ihrer Vergrösserung (X. 6. c.) aufzehrt.

Während sich das männliche Blumenorgan der phanerogamen Pflanzen, das Staubgefäss, in den oberen Theilen stärker entwickelt als in den unteren, gewöhnlich fadenförmig werdenden, verlängert sich das einzeln vorhandene oder mit mehreren gleichzeitig entstandene und mit ihnen verwachsene, röhrenförmig entwickelte Fruchtblatt nicht selten zu einer fadenförmigen, nur an dem äussersten Ende etwas angeschwollenen cylindrischen Spitze, dem Griffel mit der Narbe. Diese Narbe, die eigentliche Spitze des Fruchtblattes, besteht aus warzig über die Oberfläche verlängerten Zellen der Oberhaut (X. 2., XI. 10. st.), deren Häute mehr oder minder schleimig-klebrig geworden und dadurch ganz geeignet sind, die aus dem Staubbeutel hervorgetretenen und durch Wind oder Insecten herbeigeführten Pollenzellen festzuhalten.

Diese auf den Narbenzellen ausgebreitete, schleimige, klebrige Flüssigkeit veranlasst zugleich, einer Zucker- oder Honiglösung ähnlich, das Hervorquellen der zartwandigen, inneren Zelle des Pollen aus einer der Oeffnungen seiner dicken Oberhaut, höchst wahrscheinlich in Folge endosmotischer Inhaltszunahme. (X. p. t.)

Doch in der Narbenflüssigkeit bleibt es nicht wie in der Honiglösung bei der geringen mechanischen Ausdehnung der Pollen-

zellhaut; sie wächst vielmehr wirklich, indem sie diese Flüssigkeit nicht nur diosmotisch aufnimmt, sondern sie mit ihrer eigenen Substanz vereinigt, sie assimilirt, und sich zu einem cylindrischen Schlauche nicht allein über das Oberhautgewebe hin verlängert, sondern auch über die in gleicher Weise gebaute innere Oberfläche des Griffels, wo ein solcher vorhanden ist, hinwächst, indem ihre Haut sich mehr oder minder verdickt und ihr flüssiger Inhalt sich gleichzeitig vermehrt.

Auf diese Weise erreicht das sich verlängernde Ende des Pollenschlauches die untere Region der Fruchtblatthöhle, des Fruchtknotens, wo inzwischen die Samenknospen sich entwickelten, in deren Kern der Keimzellsack, die eigentliche Eizelle, entstand (XI. 5.).

Die Samenknospe (ovulum) besteht nämlich hier, wie bei den meisten phanerogamen Pflanzen, aus den zuerst aus dem Fruchtblattgewebe hervorsprossenden Kerne, Eikerne (nucleus), in dem sich später die weibliche Zelle, der Keimsack, wie oben angegeben, entwickelt und aus zwei (bei manchen Pflanzenarten nur einer) successive am Umfange des Eikernes hervorsprossenden, ihn umhüllenden Gewebeschichten der späteren Samenschale (X. 6.). Die oberste Oeffnung dieser Hüllen des Eikernes bildet über seinem Scheitel einen kleinen Kanal, in den das Pollenschlauchende, ähnlich wie in den Griffelkanal, hinein- und bis auf die Spitze des Eikernes (mamilla nuclei) hinunterwächst (vergl. auch XI. 10.), worauf er dann das Gewebe selbst des Kernes durchwächst, indem die Zellen, welche er berührt, verflüssigt werden, bis er an die Keimsackzelle anlangt (X. 5.).

Während dieses Längenwachsthums ist die Haut des Pollenschlauches zugleich meistens viel dicker geworden und hat an Masse zugenommen; nach der Berührung mit der Embryosackzelle wird sie wieder verflüssigt und gleich dem flüssigen Inhalte des Pollenschlauches von letzterer (welche übrigens, wie allgemein angenommen wird, ebensowenig wie der Pollenschlauch durchlöchert wird) diosmotisch aufgenommen, um nun der jetzt entstehenden oder schon vorhandenen Keimzelle als Nahrung zu dienen.

Diese Keimzellen sind anfangs gewöhnlich zu mehreren in dem flüssigen Inhalte der Keimsackzelle enthalten, und zwar schon vor der Ankunft des Pollenschlauches an demselben. Es sind kleine durchsichtige Zellchen mit sehr zartwandiger stickstoffhaltiger Haut, die häufig schon eine neue Generation, eine Kernzelle, enthalten. Diese

Keimzellen bleiben in diesem Zustande, oder entwickeln sich kaum weiter, falls kein Pollenschlauch den Keimsack erreicht; sobald dies jedoch geschieht, beginnt die Haut der Keimzellen sich in Zellstoff (Cellulose) zu verändern, und es beginnt in ihnen eine rasch aufeinanderfolgende Neubildung von Zellen; anfangs in mehreren oder in allen vorhandenen.

Bald jedoch wird diese Neubildung von Zellen in allen Keimzellen bis auf eine oder wenige wieder gehemmt, so dass sich schliesslich in einem Keimsacke, der von einem Pollenschlauche berührt wurde, in der Regel nur ein entwickelter Keim eines neuen Individuums findet.

Neben dem jungen Keim füllt sich der noch übrige Raum der Höhlung des Keimsackes mit einem Zellgewebe, welches bei einer Anzahl von Pflanzen noch nach der Reife des Samens als Eiweiss sich vorfindet; jedoch bei der Kirsche und so auch bei vielen anderen Pflanzen, während der Reife von dem sich entwickelnden Keimlinge aufgezehrt wird.

Die erste Anlage zum neuen Individuum, zur Keimzelle, ist also auch bei diesem Vermehrungsprocesse, ebenso wie bei der Vermehrung durch Knospen, durch das mütterliche Individuum vorbereitet; ohne Beihülfe des Stoffes jedoch, welchen die schlauchförmig ausgewachsene Pollenzelle enthält, sehen wir niemals die Keimzelle zum Keimlinge, daher die Samenknospe nicht zum keimfähigen Samen sich entwickeln.

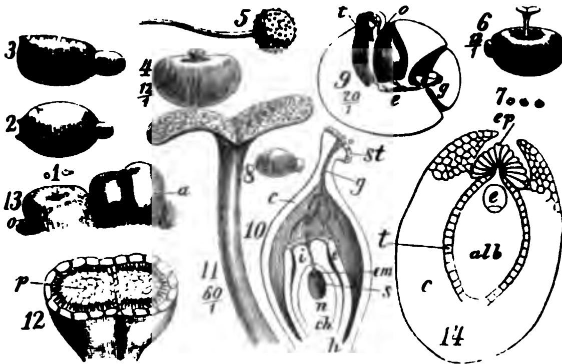
Die inneren Vorgänge dieses Befruchtungsactes sind sowohl hinsichts ihrer chemischen, wie ihrer morphologischen Eigenthümlichkeiten in mehrfaches Dunkel gehüllt, das noch fernere Untersuchungen erfordert. Ob z. B. ein Pollenschlauch mehrere, wie es scheint, oder nur eine Keimzelle zu fernerer Entwickelung anregen kann? ob die ihn zusammensetzenden Stoffe durch die unversehrte Keimsackzelle hindurch diffundiren? oder ob dieselbe, wie manche Anatomen noch heute meinen, während der Befruchtung durchlöchert wird? welches die chemische Zusammensetzung in Betreff der Eiweissstoffe und Kohlenhydrate bei Pollen- und Keimsackzelle ist? und viele andere Fragen, die hier kaum zu berühren sind.

Die grosse Gleichförmigkeit, welche der Befruchtungsact in dem ganzen Reiche der sichtbar blühenden Pflanzen zeigt, wird recht in

die Augen fallen durch Vergleich der Entwicklung des Kirschenkeimlinges mit dem der einfachsten und kleinsten Art aller bekannten phanerogamen Pflanzen-Gattungen, der Lemna nämlich, der Entengrütze, deren Arten selbst im blühenden Zustande zum Theil kaum eine halbe Linie in die Länge messen.

Der Stamm dieser Pflanzen ist im Verhältniss zu den meist dicken fleischigen Blättern verschwindend klein; er hat die Eigen-

Fig. XI. Wolffia Columbiana Krst.



1. Wolffia arrhiza in natürlicher Grösse. 2. und 3. Dieselbe vergrössert. 7. Wolffia Columbiana in natürlicher Grösse. 8. Dieselbe vergrössert. 6. Dieselbe blühend. 4. Dieselbe fructificirend. 9. Eine Pflanze kurz vor dem Blühen längsdurchschnitten. *g.* Die Knospe. *e.* Das den Blumenorganen als Scheide dienende Blatt. *c.* Pistill. *t.* Staubgefäss. 10. u. 11. Pistill und Staubgefäss während des Blühens. *c.* Fruchtknoten. *g.* Griffel. *st.* Narbe *e.* u. *i.* Hüllen der Samenknospe. *n.* Kern derselben. *s.* Embryosack. *em.* Keimbläschen. *h.* Aeusserer Nabel. *ch.* Innerer Nabel der Samenknospe. 5. Schlauchtreibender Pollen. 12. Ein junger Staubbeutel querdurchschnitten. *p.* Mutterzellen des Pollens. 13. Die jüngsten Anlagen des Staubgefässes *a* und des Pistilles *o.* 14. Ein reifer Same längsdurchschnitten. *e.* Die Keimpflanze vom Eiweiss *alb.* umgeben, und eingeschlossen von der inneren Samenschale *t*, welche oben ein Deckelchen *ep.* bildet, und von der äusseren, zelligen Hülle *c.*

schaft, während der ganzen Vegetationsperiode Knospen (XI. 9. g.) zu treiben, die nach völliger Entwicklung sich abtrennen und anderen, inzwischen entstandenen, ihre Stelle einräumen. Alle abgetrennten Knospen wachsen sogleich in ähnlicher Weise weiter, nur gegen das Ende der Vegetationsperiode ändert sich darin ihre Lebensthätigkeit, dass sie sich gleich denen vieler anderen Wasserpflanzen, z. B. Hydrocharis, Potamogeton, Ruppia, Zannichellia, Chara mit Stärkemehl

füllen und als Brutknospen auf dem Grunde des Wassers überwintern. Auf diese Weise allein scheint die Lemna arrhiza *) in unserem nördlichen Klima sich fortzupflanzen, da von ihr bisher keine Blumenorgane aufgefunden wurden, während die übrigen Lemna-Arten, selbst die der L. (Wolffia) arrhiza (1., 2., 3.) zunächst verwandten (W. brasiliensis Wedd und W. Columbiana Krst.) auch geschlechtlich erzeugte Keime hervorbringen.**)

Die vorstehende Zeichnung XI. stellt Wolffia Columbiana dar, deren Blumentheile, wie 6., 9. und 4. zeigen, von einem der stengelumfassenden Blätter scheidenartig umhüllt sind.

Statt der an sehr verkürzten, hin und her gewendeten Stengelgliedern successive aufeinanderfolgenden und in entgegengesetzter Richtung ineinander geschachtelten Blätter (9. e. g,) entwickeln sich für die Blumenbildung zwei Blätter nebeneinander in der Achsel des stengelumfassenden Blattes (9. o. t.) in gleicher Richtung; zuerst das pollenerzeugende Blatt (t.), das Staubgefäss, und dann das Fruchtblatt (o.). Der Staubbeutel ist, wie gewöhnlich in den phanerogamen Blumen, schon bedeutend entwickelt (13. a.), wenn das Fruchtblatt noch als niedriger Cylinder, ohne irgend eine Andeutung der Samenknospe, neben ihm hervorwächst (13. o.).

Darauf zeigt sich im Grunde des Fruchtblattes eine Knospe (10. n.), an deren äusserer Oberfläche sich bald rasch nacheinander zwei Hüllen als cylindrische Wülste erheben, die mit dem zuerst entstandenen Kerne gleichzeitig in die Höhe wachsen und denselben endlich vollständig umhüllen, während im Scheitel des Kernes eine Zelle (s.) zum Keimsacke auswächst und mit Flüssigkeit sich anfüllt, in welcher sich einige wenige neue Zellen frei schwimmend vorfinden.

Zu dieser Zeit öffnet sich der anfangs zweifächrige Staubbeutel

---

*) Die rücksichtlich der eigenthümlichen Form wahrscheinlich zu der durch die Form der Samenknospe charakterisirten Gattung Wolffia Hork gehört. (Auch Hegelmaier tritt [im Aprilhefte von Seemann's Journal] nach Untersuchung afrikanischer Exemplare dieser Ansicht bei.)

**) Von diesen drei genannten Arten, welche, ausser in den Staubfäden, keine Spiralgefässe enthalten, ist

W. Columbiana kahl und drüsenlos und mit einer Spaltöffnung versehen,

W. brasiliensis Wedd. kahl, mit warzigen Drüsen und, wie die folgende, mit vielen Spaltöffnungen,

W. arrhiza (Michelii Schleid) etwas borstigwarzig (XI. 1—3).

(11.), der kugelige, zartborstige Pollen (5.) fällt auf die Narbe (10. st.), wächst schlauchförmig durch den Griffelkanal (10. g.) hindurch, verästelt sich, frei in der Höhle des Fruchtknotens abwärts wachsend, bis ein Ast den Eimund erreicht, in ihn eindringt, ihn in gleicher Weise wie den Griffelkanal durchwächst, auch abwärts wachsend die oberen Zellgewebeschichten des Kernes resorbirt, bis er den Keimsack erreicht, an den er sich anschmiegt, und mit dessen flüssigem Inhalt die durch seine theilweise Verflüssigung entstandene Materie, wie es scheint, diosmotisch vermischt wird.

Darauf entwickelt sich von den in der Keimsackflüssigkeit schwimmenden Zellen vorzugsweise eine (10. em.), während der flüssige Inhalt des Keimsackes vom Umkreise her durch neu entstehendes Zellgewebe verdrängt wird, welches das Eiweiss bildet, das sich bis in den Eimund stielartig hineinverlängert (14. alb.); weshalb Weddel es für einen Samenlappen hielt.

Der junge im reifen Samen eingeschlossene Keim besteht aus zwei durch die äusserst kurze Achse vereinigten Blättern (14. e.). Die innere Eihaut erhärtet zur inneren Samenschale, ihre dicke Mündung verholzt zu dem Deckelchen (ep.), welches bei der Keimung herausgestossen wird; die äussere, fast fleischig verdickte Eihaut (c.) schliesst die innere fast vollständig ein.

In der mannigfach eigenthümlichen Klasse der Coniferen, deren Verwandte in früheren Schöpfungsperioden in grösserer Formverschiedenheit als heute die Erdoberfläche bewohnten, finden sich darin Abweichungen von der Keimentwickelung der übrigen Phanerogamen, dass die Samenknospen nicht von Fruchtblättern umhüllt sind, sondern frei auf dem offenen Fruchtblatte oder auf dem Blumenboden stehen, und dass ferner die befruchtete Keimzelle der Anlage nach (pag. 93) mehrere Keime giebt; eine Eigenthümlichkeit, die bei vielen gefässlosen Kryptogamen wirklich ausgeführt ist.

Betrachten wir nun einige der kryptogamen Pflanzen Linné's, denen dieser scharfsinnige Naturforscher schon Geschlechtsorgane zuschrieb, obgleich er selbst sie noch nicht beobachtet hatte, und fassen wir das für den Haushalt der Nordländer so wichtige Torfmoos, Sphagnum (VI. pag. 11) in's Auge, so finden wir hier (z. B. Fig. I. Sphagnum acutifolium) sehr einfache Blumen, wie bei allen beblätterten Zellenkryptogamen, bei denen sie zum Theil aus fadenförmigen

oder schuppenförmigen Hüllblättern neben den eigenthümlich gebauten Geschlechtsorganen bestehen. Häufig stehen beiderlei Geschlechtsorgane nicht beisammen auf derselben Blume, sondern es enthält, wie auch hier bei Sphagnum, die eine Blume die weiblichen, die andere die männlichen Organe; nicht selten selbst auf verschiedenen Individuen, an den Enden der Blumenzweige.

Die neben ihrem Deckblatte entstehenden, Antheridien genannten Antheren (9.) enthalten hier nicht den auf der Narbe auswachsenden Pollen, sondern Zellchen (6.), welche mit schwingenden Wimpern auf elastischen, hygroskopischen Fäden besetzt sind. Diese Fäden schwimmen nach dem Hervorschlüpfen aus ihren Mutterzellen, durch Hülfe dieser beweglichen Anhänge, thierähnlich nach dem Eimunde hin, weshalb sie Blumenthierchen (Antherozoiden) genannt werden. Der Befruchtungsact durch diese Antherozoiden geht stets im Wasser, wenn auch nur in einem Thau- oder Regentropfen, vor sich.

Das Ovulum (Archegonium) entsteht, als anfangs einfache Zelle, in der Regel zu mehreren, auf dem Gipfel des weiblichen Zweiges, von kleinen, schuppenförmigen Blättchen umgeben (in Fig. 2. sind drei entwickelte Archegonien, von den kleinen und zwei grösseren Blättern umgeben, im Längenschnitte dargestellt). Dies Organ ist zu vergleichen einem geraden, nackten Eikerne, in dessen mittlerer, dem Keimsacke entsprechenden Zelle (2. a.) sich die zu befruchtende Keimzelle befindet. Zur Zeit der Befruchtung lösen sich die schleimig werdenden, aufquellenden Scheitelzellen und trennen sich von einander (2. b.), wodurch den Antherozoiden, welche ohne Zweifel durch den sich im Wasser verbreitenden Schleim angezogen werden, der Zutritt zu dem Keimsacke ermöglicht wird.

Die befruchtete Keimzelle (2. und 3. c.) wächst mit dem unteren Ende in den Blumenboden hinein, wie das Wurzelende eines Parasiten in die Nährpflanze (3. r.).

Die auffallendste Erscheinung in der ferneren Ausbildung der befruchteten Mooskeimzelle ist die schon oben bemerkte, dass nicht ein Keim, sondern eine grosse Anzahl von Keimen, Samen (Sporen) (8.), vermengt mit kleinen, kugeligen (7.), bei den Lebermoosen grossen langen Zellen, sich aus ihr entwickeln (3. sp. die Mutterzellen der sich bildenden Keime) und zwar nicht nur diese pollenförmigen, vielzähligen Samen allein, sondern noch ein umfangreiches, peripherisches

Zellgewebe, welches den im Centrum des Keimkörpers entstandenen Samen als gestielte Kapsel dient (4, 5.), die endlich mit einem Deckel (5.) sich öffnet.

Die aus der geöffneten Frucht hervorgetretenen vierseitig-kugeligen Samen (8.) wachsen nicht unmittelbar zu neuen Moospflanzen aus, sondern es entwickelt sich aus ihnen zuerst ein blattförmiges Gebilde (I. p.), aus dem darauf das neue Moospflänzchen (k.) hervorwächst.

Dies eigenthümliche, von allem bei Phanerogamen Bekannten abweichende Verhältniss der Entstehung zahlreicher, in einer Kapsel enthaltener Samen aus einem befruchteten Keime, so wie das Auswachsen des Samens zu einem sogenannten Vorkeime, ist die Ursache, dass die Idee Hedwig's von vielen Botanikern lange mit Misstrauen betrachtet und dass die Samen der Moose für Organe, welche den Sporen der Gefässkryptogamen gleichwerthig seien, gehalten wurden, bis Suminsky's Entdeckung den wahren Zusammenhang dieser Verhältnisse aufklären half.

Die Sporen der Farne nämlich (pag. 94 VII. 2.) und die der übrigen Gefässkryptogamen sind nicht wie die Moossporen, denen sich die Flechten- und Pilz-Sporen in dieser Beziehung anreihen, das Product der Vereinigung zweier verschiedenartiger Zellen; auch entwickelt sich aus denselben nicht, wie aus denen der eben genannten Familien, ein neues der Mutterpflanze gleiches Individuum (weshalb sie bei den Moosen etc. zur Unterscheidung von denen der Gefässkryptogamen, wenn man sie nicht Embryonen, Keime, nennen will, als Samen zu bezeichnen sein würden), vielmehr wachsen sie zu einer an den Vorkeim von Sphagnum erinnernden, blattförmigen Zellgewebsplatte aus (VII. 3. 4. 8.), welcher statt wie bei den Moosen die beblätterte Keimpflanze (VI. p. k.), zwei Geschlechtsorgane, denen der Mooskeime ähnlich, entsprossen.

Dieser Vorkeim der Farne ist also dem Boden (receptaculum) der Moosblume (VI. 2. 3. r.) vergleichbar, der jedoch sich nicht wie die Urmutterzelle einer Zwitterblume im Zusammenhange mit seiner Mutterpflanze entfaltete, sich vielmehr von derselben als einfach-zellige Farnspore trennte.

Nach kürzerer oder längerer Ruhe beginnt diese in dem Sporangium (VIII. 1.) an der Unterfläche des Farnblattes entstandene gonidien-

artige Spore, — diese Blumenknospenzelle, für welche allein noch der Ausdruck Spore angewendet werden sollte — ihre Entfaltung zu dem blattförmigen Vorkeime, der, ohne vorgängige Entwickelung anderer blattartiger Organe, die auf seiner Unterseite erscheinenden Geschlechtsorgane hervorbringt (VII. 3. 4. 8.).

Zuerst erscheinen am Grunde des auswachsenden Vorkeimes eine grössere Anzahl männlicher (VII. 7.), dann an seinem vorderen Ende eine geringere Anzahl weiblicher (VII. 5.) Organe, beide denen der Moose höchst ähnlich; die Befruchtung der in den Archegonien enthaltenen Keimzellen geschieht wie bei den Moosen unter Beihülfe von Wasser, in welchem die verhältnissmässig grossen Antherozoiden sich rudernd schwimmend bewegen können (VII. 5. 6.).

Die Entwickelung der Keimzelle ist jedoch gänzlich verschieden von der des Mooskeimes, indem sich hier bei den Farnen und den übrigen Gefässkryptogamen nur ein Keim aus derselben hervorbildet, gleich wie bei den Phanerogamen.

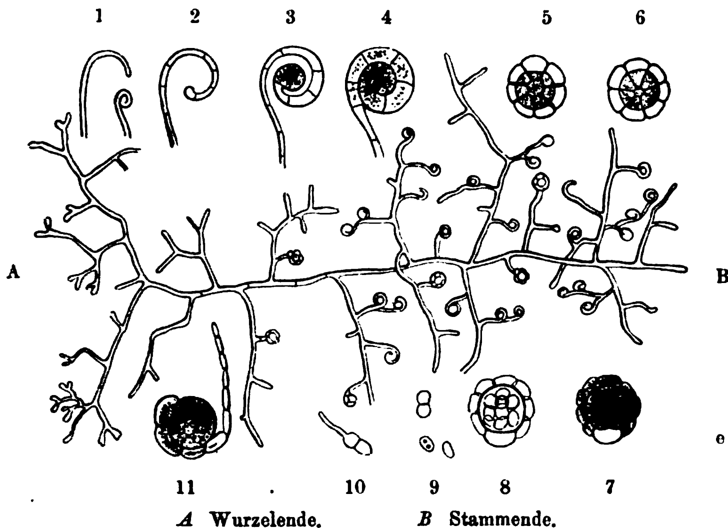
Das untere Ende dieses Farnkeimes wächst ebenso wie bei dem Mooskeime in den Blumenboden (receptaculum) hinein (VII. 8.) und ist mit mehr Recht wie bei den Moosen mit der Wurzel eines keimenden Parasiten zu vergleichen, während das gegenüberliegende obere Ende zum beblätterten Stamme wird, aus dem sich dann die ersten wirklichen Wurzeln als Adventivwurzeln entwickeln (VII. 8. r.).

Die endlose Dauer, welche durch die Art ihres Wachsthumes den meisten kryptogamen Pflanzen eigen ist, fehlt nur einigen Gliedern aus der Klasse der Farne, deren durch Knospen sich nicht verzweigender, senkrecht aufstrebender, palmenartiger Stamm von der ihn nährenden Erde sich mehr und mehr entfernt, wodurch sein Tod endlich veranlasst wird.

Wenig ist bisher über die Befruchtung der Flechten und Pilze bekannt, die zu den einfachsten, blatt- und stengellosen, aus Zellen allein bestehenden Kryptogamen gehören. Das Wenige, was beobachtet wurde, spricht dafür, dass auch ihnen die geschlechtlich erzeugten Keime (V. 8., XII. 9.) nicht fehlen, und zwar diese höchst wahrscheinlich erzeugt durch den einfachsten Act der Befruchtung, den uns die niedrigst organisirten Algen so klar vorführen, durch den der Copulation (vergl. S. 88, 90 u. s. w.), welcher Process von dem Befruchtungsvorgange der Phanerogamen im Grunde wenig, vielleicht

gar nicht, unterschieden ist: denn dass der Inhalt des Pollenschlauches und das Verflüssigungsproduct seiner Haut endosmotisch von dem nicht durchlöcherten Keimsacke aufgenommen werde, ist mehr Hypothese, als durch Beobachtung erwiesen.

Fig. XII. Helicosporangium parasiticum. Krst. (pag. 76).



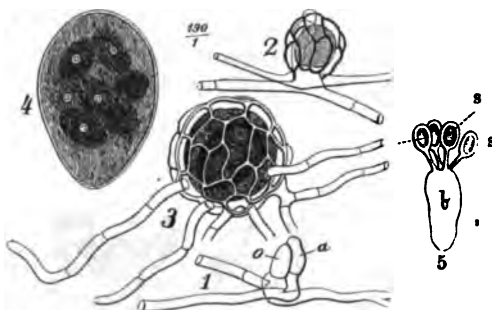
A Wurzelende. *B* Stammende.

1. u. 2. Jüngste Entwicklungszustände von Fruchtkästen. 3. u. 4. Etwas ältere Aeste, deren Endzellen kugelig werden, während sich der zellige Stiel ihnen spiralig eng anlegt. 5. u. 6. Entwickelte Sporangien, die von den benachbarten Stielzellen mehr oder minder vollständig eingehüllt sind. 7. u. 8. Sporangien, halb durchschnitten (bei mittlerer Einstellung) gezeichnet, beide lassen eine grosse, entleerte Randzelle erkennen. 7. Enthält eine grosse Keimzelle *e*. 8. In derselben acht kugelige Sporen, die 9. u. 10. keimend gezeichnet wurden. 11. Missbildung einer Sporangienanlage.

Bei den beiden genannten Familien nähern sich gleichfalls zwei, und zwar verschiedenartige Zellen (V. 3., XII. 3. 4. und XIII. 1.); ihr flüssiger Inhalt vermischt sich in der einen grösseren der beiden Zellen, in der nun durch wiederholte vielfache Zellenentwickelung eine mehr oder minder grosse Anzahl von pollenförmigen Samen entsteht (V. 3., VII. 7. 8. 9., XIII. 4.), wie bei den Moosen. Hier jedoch bei den Flechten und Pilzen bleiben diese Samen bis zur völligen Entwickelung und dem Ausgestreutwerden in ihren Mutterzellen eingeschlossen (XIII. 4.) (Ascosporen), wenn sie auch zuweilen von

denselben nur getragen scheinen (XIII. 5.) (Basidiosporen), indem sie in frühester Jugend von einem Theile der Schlauchwand umhüllt, über den übrigen Theil des Schlauches hinauswachsen.

Fig. XIII. 1–4. Entwicklungsgeschichte der Frucht von Erysibe Cichoracearum D. C. (nach Bary).



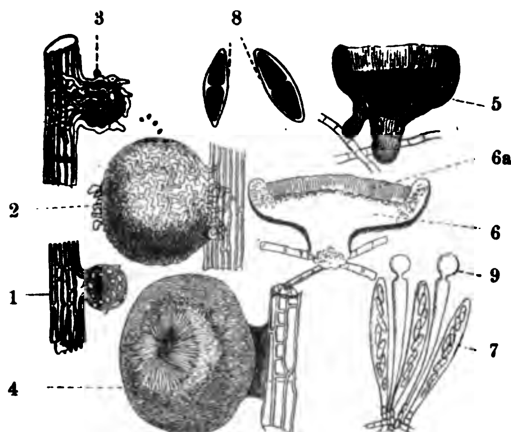
1. *o* und *a*, aus zwei verschiedenen Myceliumfäden entsprossene Aeste, die sich zur Copulation an einander legten. 2. Die grössere dieser Astzellen *o* ist von Verzweigungen des Myceliums überwachsen. 4. Dasselbe Organ weiter entwickelt. 4. Der in ihm enthaltene Schlauch mit seinen Sporen freigelegt. 5. Ein Sporenschlauch *b* von Agaricus mit den über ihn hervorgewachsenen Sporen *s*.

Wie es die beiden angeführten Beispiele XII. und XIII. zeigen, kommen bei den Pilzen die Geschlechtsorgane — entsprechend den Zwitterblumen und den monöcischen Blumen der Phanerogamen — sowohl als benachbarte Zellen eines Astes, als auch auf zwei verschiedenen Aesten des Myceliums vor. In beiden Fällen vergrössert sich nur die eine der beiden copulirten Zellen (XIII. o.), während die zweite, scheinbar entleert, unverändert bleibt (XIII. a.). Das Gleiche findet bei der Fig. V. gezeichneten Flechte statt (V. 3. a.). Bei allen diesen Pflanzen bemerkt man nach der Copulation der beiden heterogenen Zellen im Centrum der grösseren von ihnen eine sich vergrössernde Kernzelle (XII. 7. e., XIII. 3. 4., V. 1. 3.), in der sich unmittelbar (XII. 7. 8.) oder nach vorgängiger Entwickelung mehr oder minder zahlreicher Generationen von Mutterzellen (V. 7., XIII. 4.) die Keimzellen, als einfachste Samenform, bilden.

Während dieser Samenentwickelung im Innern bedeckt sich die Sporangienzelle äusserlich mit einer einfachen (XII. und XIII.) oder vielfachen (V.) Schicht von Mycelium-Aesten (V. 2. 4.), die sich in

letzterem Falle, bei den complicirter gebauten Pilzen und Flechten, meist am Scheitel öffnet (5.), mehr oder weniger regelmässig ausbreitet und auf ihrer ursprünglich inneren Oberfläche eine Schicht von Sporenmutterzellen, gemischt mit sogenannten Paraphysen, trägt (V. 7.), welche letztere lange, und zum Theil auch jetzt noch, irrthümlich für männliche Geschlechtsorgane gehalten wurden, in der That aber nur unfruchtbare Sporenschläuche sind, analog den Paraphysen der Farne, wie dies aus ihrer mit den Sporenbehältern gleichzeitigen Entwickelung hervorgeht (V. 4.).

Fig. V. Coenogonium Andinum Krst. (s. pag. 91).



Diese leicht zu beobachtende Thatsache macht es unzweifelhaft, dass weder eine Befruchtung der Sporen, wie Klotzsch dies annahm, durch den Inhalt der Paraphysen (V. 9.) stattfinden kann, noch dass dieser letztere die Mutterzellen der Sporen, die sogenannten Sporenschläuche und Basidien, befruchten und dadurch die Entstehung der Sporen veranlassen könne, wie es neuerlich mehrere Schriftsteller gesehen haben wollen. Es finden sich vielmehr die Saftfäden, Paraphysen, noch wohlerhalten und vollständig geschlossen, wenn die Sporen sich mehr oder minder dem Zustande der Reife nähern (V. 9.), wie dies für die Flechten zuerst durch die Untersuchung der Entwickelung der Coenogonien-Frucht nachgewiesen wurde (Gesammelte Beiträge, pag. 337).

Ungeachtet des Lückenhaften unserer Kenntniss über die Befruch-

tungsvorgänge bei den niederen Pflanzen ist man doch nach dem bisher darüber bekannt Gewordenen zu dem Schlusse berechtigt, dass auch ihnen die geschlechtlich erzeugten Keime nicht fehlen, „dass demnach allen wirklichen Pflanzenspecies, ausser der ungeschlechtlichen Vermehrung der Individuen durch abgetrennte Zellen oder Knospen, auch eine Erhaltung der ursprünglichen Form der Art durch geschlechtlich erzeugte Keime zukommt." *)

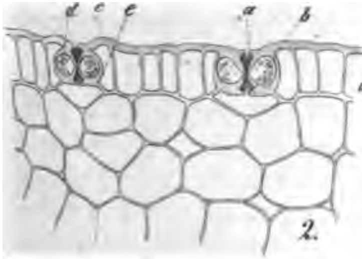
Dagegen hat sich die von ungenauen Beobachtern behauptete Angabe, dass sich auch die Pflanzeneizelle, ebenso wie dies von der Eizelle einiger wirbellosen Thiere gesehen wurde, ohne vorgängige Befruchtung zu einem normalen Keimlinge entwickele, nicht bestätigt.

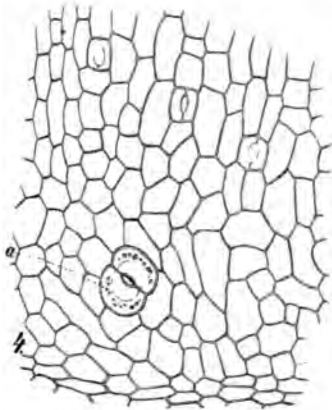
Bei Pflanzen ereignet sich wohl in ausserordentlichen Fällen die Umbildung und Entfaltung einer Samenknospe zu einer Laubknospe, ein Keimling aber bildet sich, soweit bis jetzt die Erfahrung reicht, nicht in derselben ohne Einwirkung der zweiten, von ihr verschiedenartigen, die Entwickelung der Keimzelle anregenden Zelle (Fig. VIII. und IX., pag. 96 und 97).

*) Das Geschlechtsleben der Pflanzen und die Parthenogenesis. S. 52.

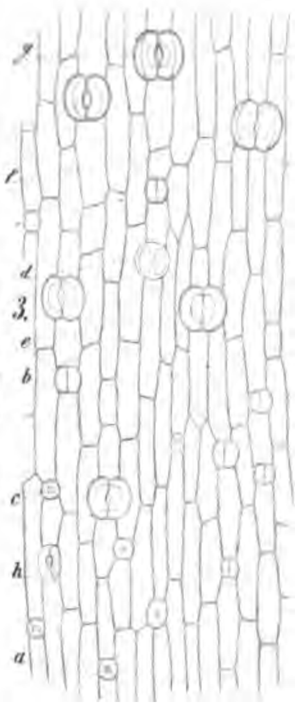
Berlin, Druck von W. Büxenstein.

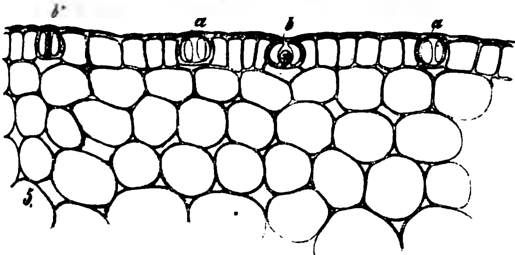
Taf I.

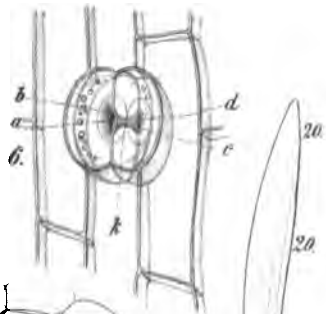

d
c
e
a
b
2.

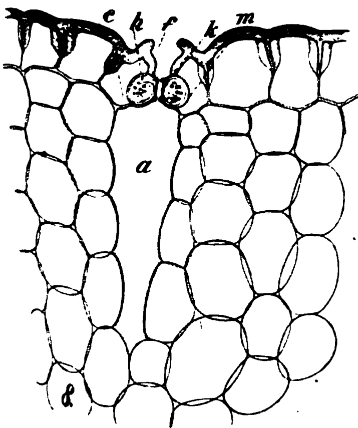

a
4.

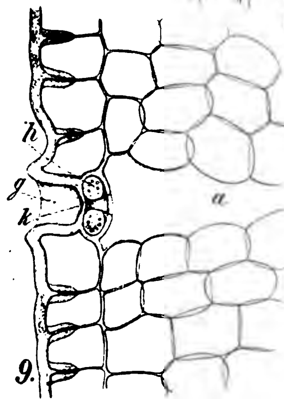

1.
d
a
b
b
a
k


g
f
d
3.
e
b
c
h
a

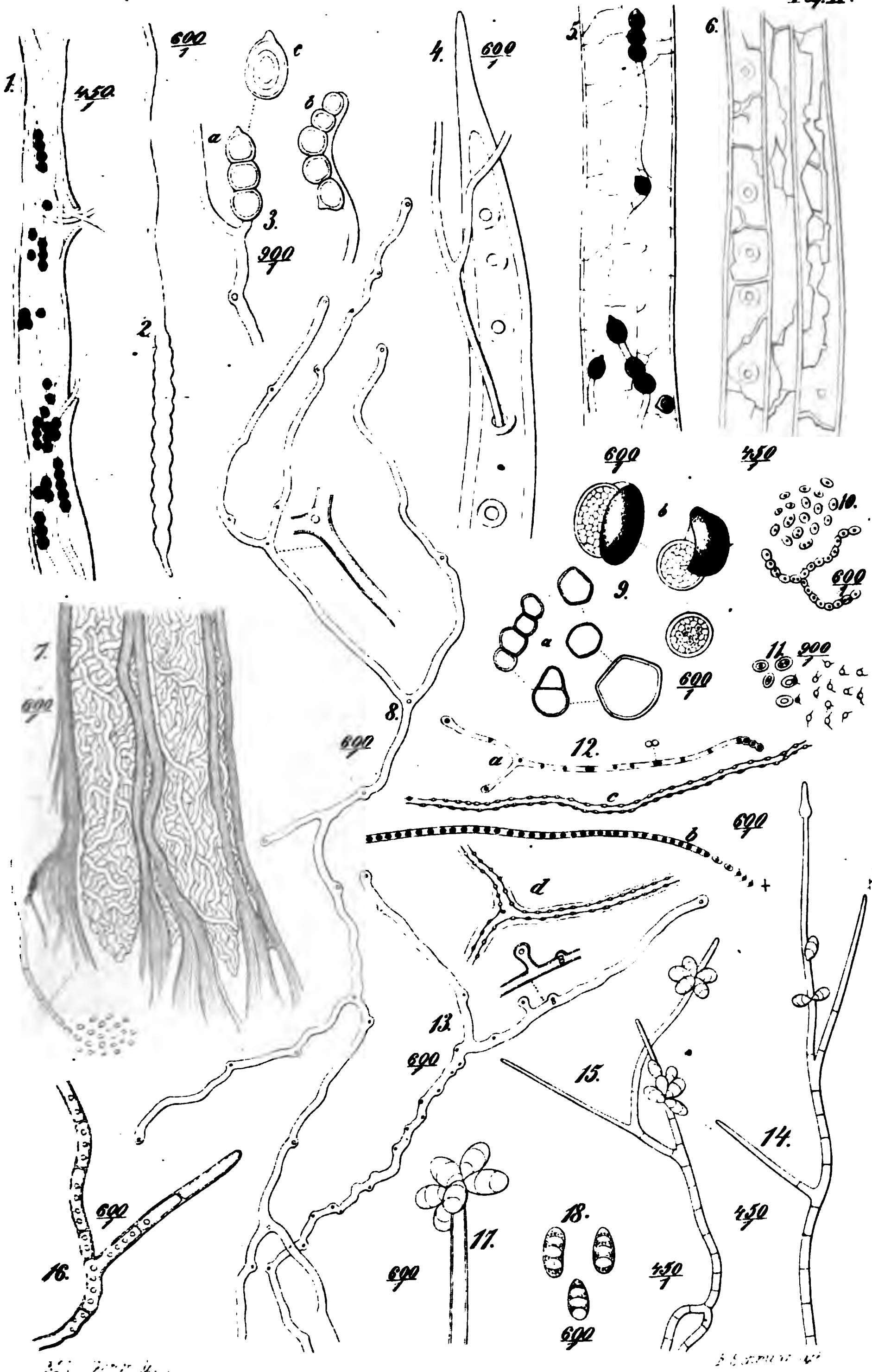

b
a
b
a
5.

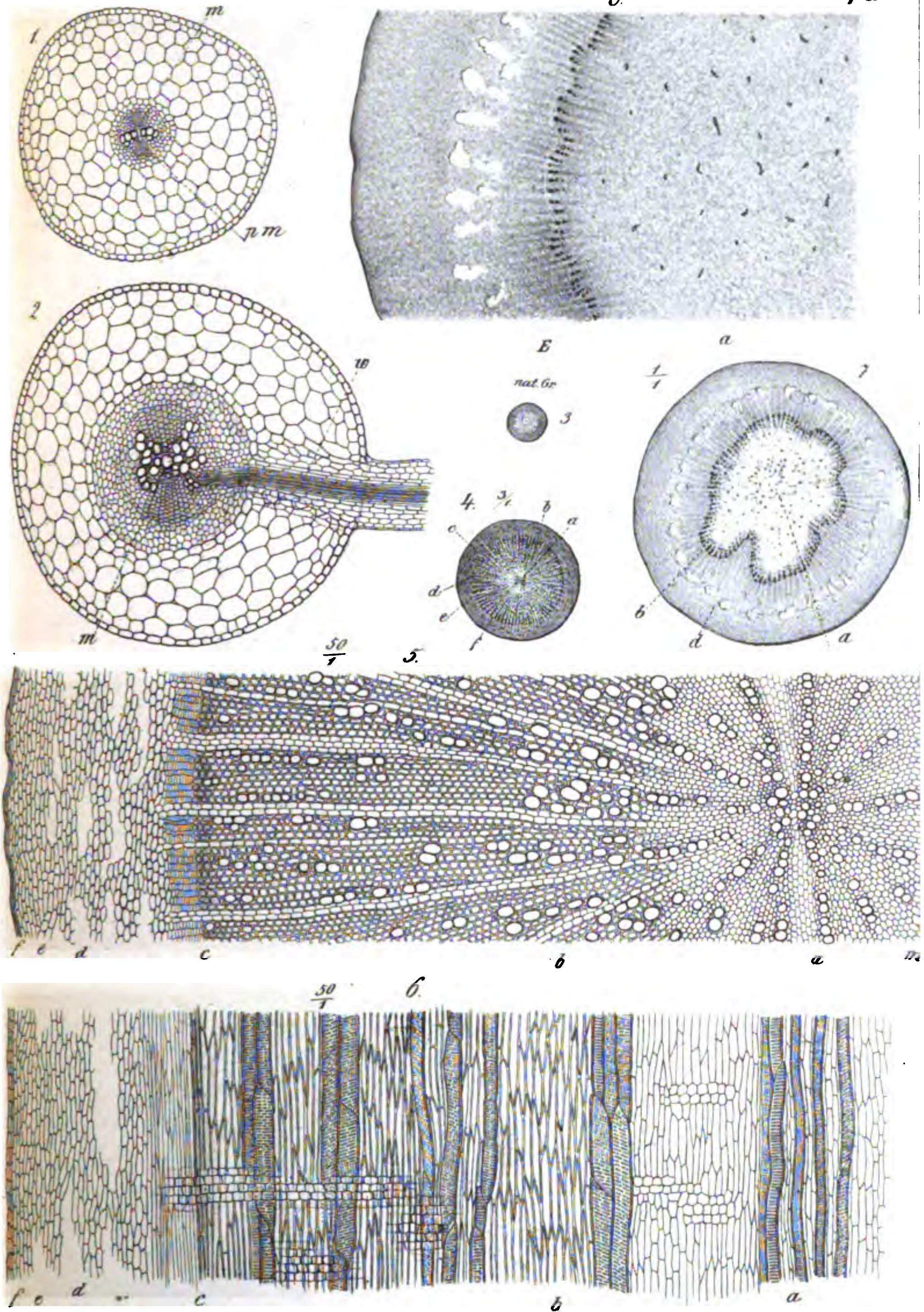

b
a
6.
d
c
k


c
h
f
k
m
a
8

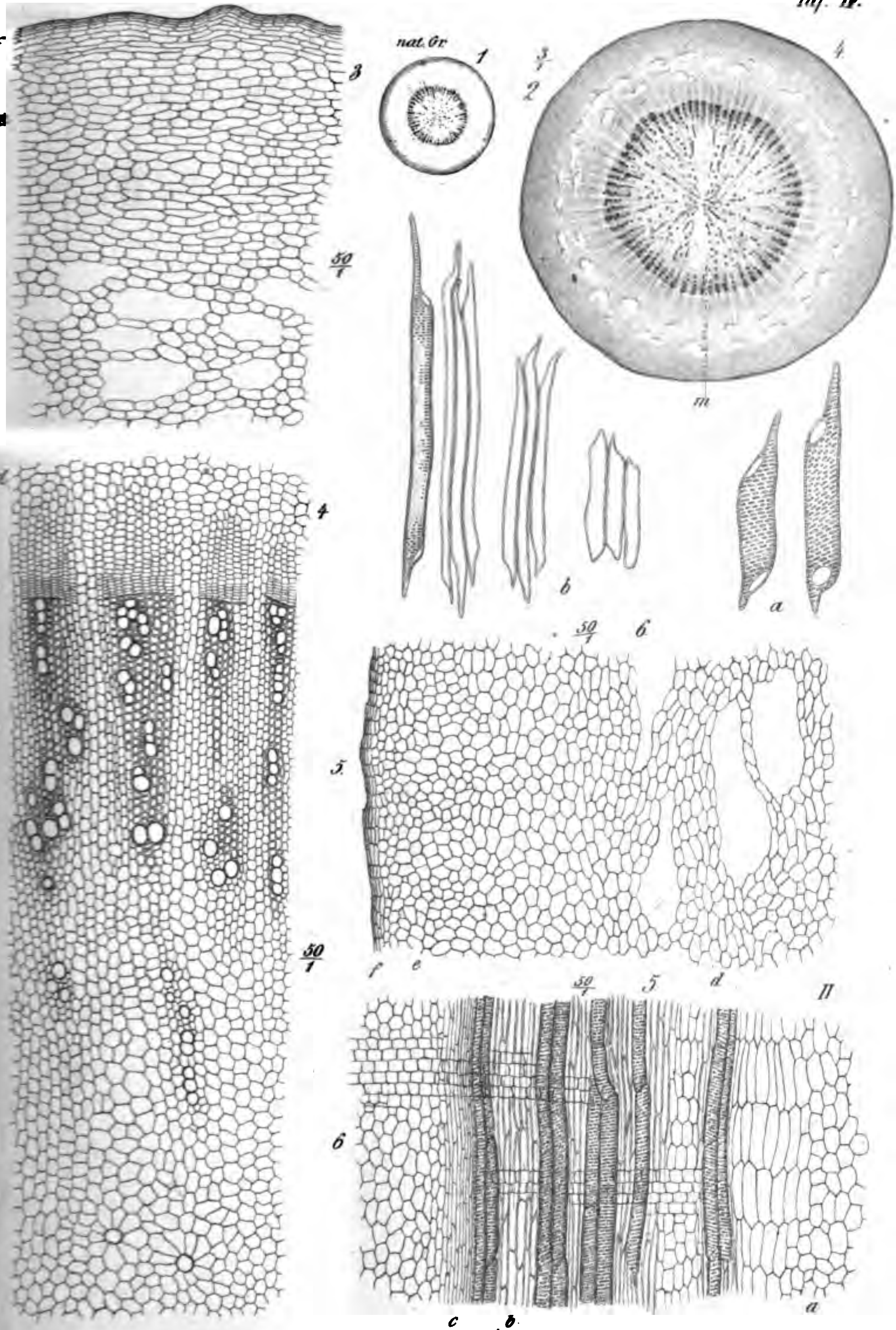

h
g
k
a
9.


20.
20.
13.
6.
0
7.


1.
450/1
600/1
2.
3.
a
b
c
900/1
4.
600/1
5.
6.
7.
600
8.
600
9.
a
b
600
600/1
450/1
10.
600/1
11.
900/1
12.
a
b
c
d
600/1
13.
600
14.
450/1
15.
16.
600
17.
600
18.
450/1
600



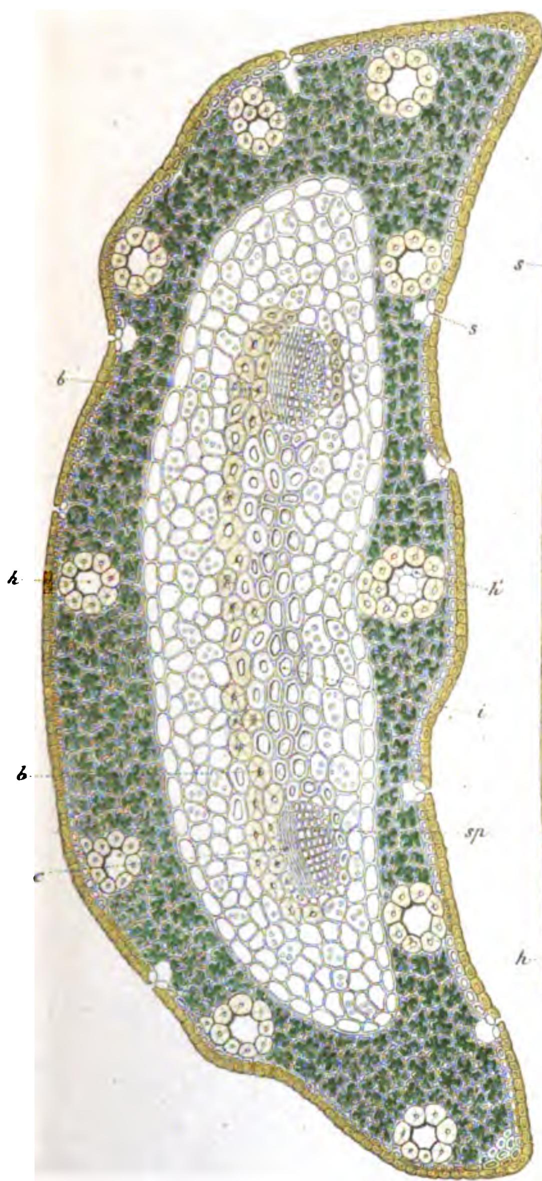
C. F. Schmidt, n. d. Nat. gez. u. lith.



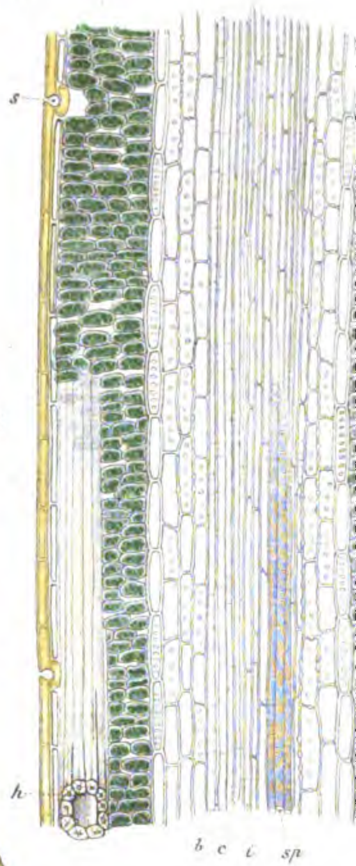
C. F. Schmidt, n. d. Nat. gez. u. lith.



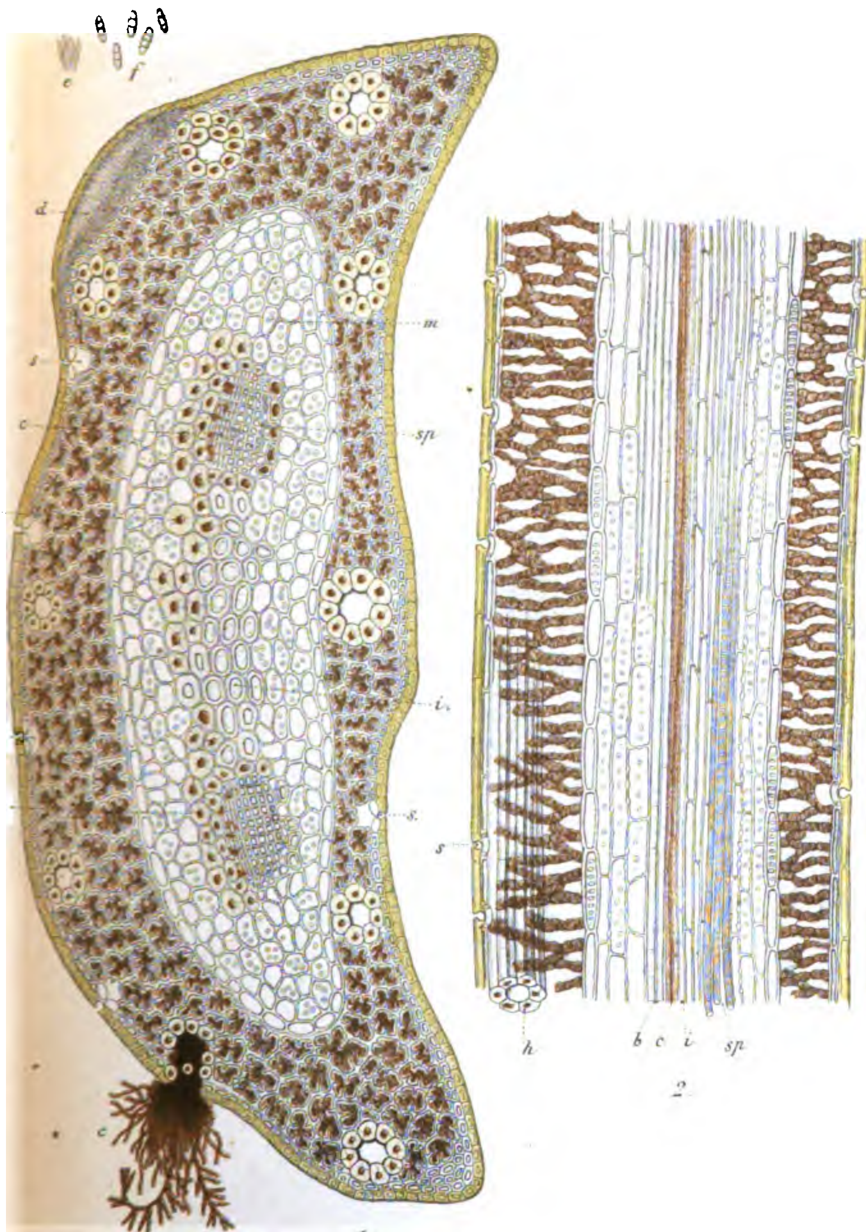
Winckelmann & Söhne ... Berlin

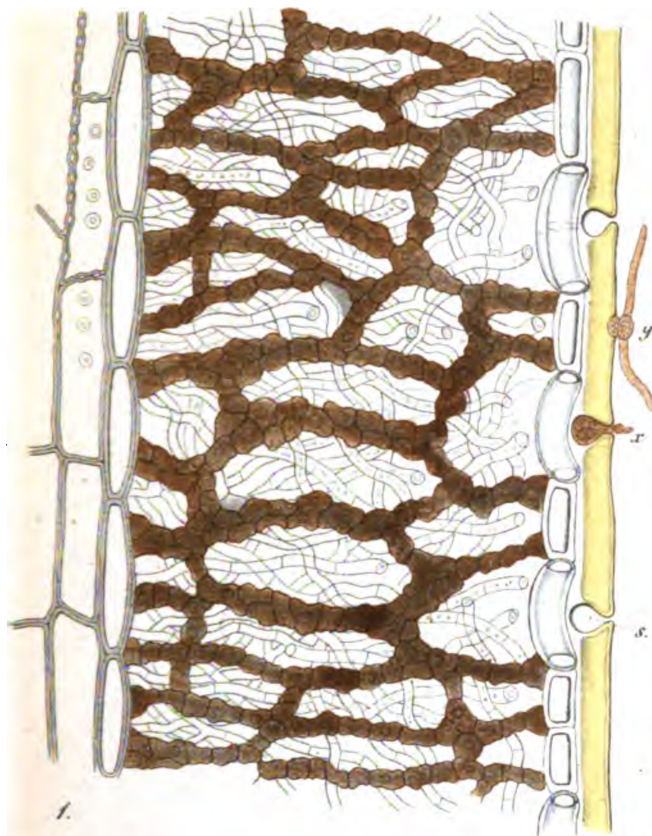


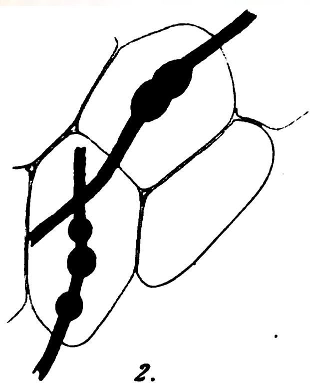
1.

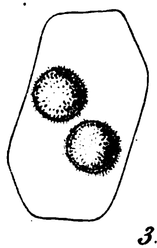


2


e
f
d
s
c
b
s
b
e
m
sp
i
s
s
h
b
c
i
sp
2
1.


y
x
s.
1.


2.


3.

Botanische Untersuchungen

aus dem

physiologischen Laboratorium

der

landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin.

Mit Beiträgen

deutscher Physiologen und Anatomen.

Herausgegeben

von

H. Karsten.

Zweites Heft.

Berlin.
Verlag von Wiegandt und Hempel.
1866.

Botanische Untersuchungen

aus dem

physiologischen Laboratorium

der

landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin.

Mit Beiträgen

deutscher Physiologen und Anatomen.

Herausgegeben

von

H. Karsten.

Zweites Heft.

Berlin.
Verlag von Wiegandt und Hempel.
1866.

Inhalt.

Anatomisches und Histochemisches über das Zuckerrohr.

Ein Beitrag zur wissenschaftlichen Begründung einer neuen Saftgewinnungsmethode, genannt Diffusion.

Von

Dr. Julius Wiesner, *)

Docent am k. k. polytechnischen Institute in Wien.

Die Abscheidung des Zuckersaftes aus der Runkelrübe erfolgt bekanntlich nach mehreren principiell von einander verschiedenen Methoden. In den meisten Rübenzuckerfabriken wird die Rübe behufs Zuckergewinnung auf Reiben möglichst zerkleinert und hierauf ausgepresst. In einigen Fabriken gewinnt man den Saft durch Maceration, indem man die Rübe in kleine Lamellen zertheilt und diese entweder getrocknet oder ungetrocknet mit heissem, neutral reagirendem Wasser oder mit mehr oder minder warmem, alkalisch oder sauer gemachtem Wasser auslaugt. In der bekannten Fabrik des Herrn Fl. Robert zu Gross-Seelowitz (Mähren) arbeitet man seit zwei Jahren nach einer neuen von Herrn Julius Robert erfundenen Methode, die im Wesentlichen darin besteht, das Austreten des Saftes durch warmes Wasser, das im Contacte mit den Rübenschnittlingen eine Temperatur von höchstens 40° R. annimmt und möglichst neutral reagirt, auszuführen (Diffusionsmethode). Nach dieser Methode erhält man nicht nur relativ grössere Zuckermengen als nach den andern Methoden, sondern bekömmt relativ reinere Säfte, die sich vorzugsweise durch ge-

*) Zum Druck eingesendet am 20. Febr. 1866. D. R.

ringen Gehalt an Eiweisssubstanzen und Pectinkörpern (Pectose, Pectin und Pectinsäuren) auszeichnen.

Die Vortheile der Diffusionsmethode gegenüber den anderen Saftgewinnungsverfahren werden klar, wenn man den anatomischen Bau der Rübe und die gegenseitige Lage der Stoffe in deren Geweben in Betracht zieht. Die Parenchymzellen sind die vornehmlichen Träger des Zuckers. Dieser ist in den Zellen aufgelöst und liegt hier vermengt mit ungelösten Eiweisskörpern (Protoplasma), geringen Mengen von gelöstem Eiweiss, organischen Säuren (Oxal-Citron-Apfelsäure) und einigen anderen minder wesentlichen Körpern. Die Zellmembranen bestehen zum grossen Theile aus Cellulose; die älteren Zellwandschichten sind reich an Pectose; die ältesten Zellwandschichten (Intercellurarsubstanz) bestehen beinahe ganz aus diesem Körper. Bis zu einer Temperatur von 50° R. im Wasser erwärmt, erleidet die Intercellularsubstanz der Parenchymzellen keine Veränderung; über diese Temperatur hinaus erwärmt, quillt dieselbe stark auf, und geht später unter Bildung von anderen Pectinkörpern (Pectin und Pectinsäuren), die vornehmlich durch Einwirkung der in den Zellen aufgelöst enthaltenen organischen Säuren auf die aufgequollene Pectose entstehen, ganz oder zum Theile in Lösung.*) — Diese Resultate der anatomischen Untersuchung der Runkelrübe lehren erstens, dass die durch Reiben und Pressen erhaltenen Säfte reich an Protoplasma sein müssen, da beim Aufreissen der Zellen und beim später erfolgenden Abpressen der körnige Schleim des Plasma's einfach in den Saft ausfliessen muss, dass hingegen beim Diffusionsverfahren das Plasma in den Zellen der Rübenschnittlinge eingeschlossen verbleibt. (Die bei der Diffusion zurückbleibenden Gewebe enthalten noch ihr gesammtes Plasma, und selbst noch dessen Hautschichten in unverletztem Zustande, indem man diese durch Säuren noch zur Contraction bringen kann.) Die Diffusionssäfte müssen mithin ärmer an Eiweisskörpern als die Presssäfte sein. Die Vortheile des Vorkommens von nur geringen Mengen von Eiweisssubstanzen im Rübensafte sind allgemein bekannt. Zwei-

*) Eine ausführliche, zum Zwecke der Beurtheilung der Saftgewinnungsmethode ausgeführte mikroskopische Untersuchung der Runkelrübe habe ich in den Sitzungsberichten der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien (1864 Bd. 50.) veröffentlicht.

tens lehrt die anatomische Untersuchung, dass bei der Neutralität und der Temperatur des beim Diffusionsverfahren zur Saftgewinnung verwendeten Wassers es so gut wie gar nicht zur Bildung löslicher Pectinstoffe kommen kann, und mithin nur geringe Mengen von diesen Körpern den Diffusionssaft verunreinigen. Auch die grössere Ausbeute an Zucker, welche man durch dieses Verfahren erhält, wird erklärlich, wenn man bedenkt, dass das zur Diffusion dienende Wasser niemals sauer alkalisch oder heiss gemacht wird: mithin Sorge getragen ist, dass die Zellmembranen in möglichst unverändertem (vor allem anderen unaufgequollenem Zustande) während der Abscheidung des Saftes functioniren und somit dem Austritte der Zuckerlösung das möglichst geringste Hinderniss sich darbietet.

Die Diffusionsmethode hat sich in Seelowitz so gut bewährt, dass dort im Augenblick die Reiben und Pressen vollkommen ruhen und aller Saft nach dieser Methode gewonnen wird.

Die bedeutungsvolle Erfindung des Herrn Julius Robert hat bereits einige Rübenzuckerfabrikanten bestimmt, diese Methode in ihren Fabriken einzuführen; aber es wird gegenwärtig auch der Versuch gemacht, die Diffusionsmethode auf das Zuckerrohr auszudehnen. Die beiden Herren Minchin, Zuckerfabrikanten zu Aka und Madras in Ostindien, weilen gegenwärtig in Oesterreich, um diese Methode zu studiren und die Etablissements, welche bereits mit Diffusion arbeiten, kennen zu lernen. Die Erfahrungen, welche die beiden Herren Minchin bis jetzt schon gewonnen, haben dieselben so günstig für die Diffusionsmethode gestimmt, dass bereits die nöthigen Vorbereitungen im Zuge sind, um das genannte Verfahren bald im grossartigen Massstabe in einer ostindischen Rohrzuckerfabrik (Aska, südlich von Calcutta) ausführen zu können.

Unter diesen Umständen tritt an den Pflanzenanatomen die Aufgabe heran, die anatomischen Verhältnisse des Zuckerrohres aufzuklären, vor allem aber die Vertheilung der Stoffe in den Geweben genauer zu untersuchen, um die etwaigen Vor- oder Nachtheile, welche die Diffusionsmethode gegenüber der gewöhnlichen Saftgewinnungsmethode (Auspressen des Rohres zwischen Walzen) darbietet, kennen zu lernen und auf Beobachtung gegründete Anschauungen über das Wesen der Diffusion sich bilden zu können.

Obwohl auch bis auf den heutigen Tag die mikroskopische Untersuchungsmethode in die industrielle Praxis noch äusserst wenig Eingang gefunden hat, erachte ich doch die Ausführung der mir gestellten Aufgabe durchaus nicht für überflüssig. Untersuchungen, die auf streng wissenschaftlicher Basis ruhen, können allerdings nicht von der Mehrzahl der Praktiker begriffen werden, dies ändert aber an der Richtigkeit des Ergebnisses unmöglich etwas. Sind nur einmal die Endergebnisse klar hingestellt, so bieten sie immerhin selbst dem Manne des praktischen Lebens reichlichen Stoff zur Vervollkommnung seiner Methoden oder auch zum richtigeren Verständnisse der Processe.

Es ist allerdings bereits eine mikroskopische Untersuchung des Zuckerrohres unternommen worden;*) aber so interessant auch manches Ergebniss derselben ist, so hat mich das Studium dieser Arbeit doch zu der Ueberzeugung gebracht, dass die Veröffentlichung meiner Beobachtungen keineswegs überflüssig ist.

Ich werde im Nachfolgenden in die Anatomie und Histochemie des Zuckerrohres nur so weit eingehen, als es für die Zwecke der genannten praktischen Frage nothwendig ist, so verlockend es auch wäre den feineren Bau einzelner Gewebe, vornehmlich der Oberhaut, eingehender zu betrachten.

Meine Untersuchungen über das Zuckerrohr machte ich an zwei Objecten, nämlich an einem frischen, in einem der Gewächshäuser des hiesigen botanischen Gartens gewachsenen Stämmchen, dessen grösster Durchmesser etwa $^{3}/_{4}''$ betrug, ferner an einem trockenen, circa $1^{1}/_{2}''$ dicken Fragmente, das aus einer mir nicht näher bekannten westindischen Plantage stammt.

Meine Beobachtungen, welche ich an dem frischen Rohr des Gewächshauses und dem trocknen westindischen Exemplare machte, stimmten im Ganzen überein, nur dass beim letztern die Parenchymzellen grösser und mit deutlicheren Poren versehen waren, ferner grössere Zuckermengen die Parenchymzellen erfüllten. In den Parenchymzellen der Gewächshauspflanze treten nicht unbedeutende Mengen von Stärkekörnern auf, die der westindischen Pflanze fehlen, und in der ersteren gewissermassen einen Theil des Zuckers substituiren.**)

---

*) A. Payen. Précis de Chimie industrielle. Tome II. p. 228.

**) Nach Beobachtungen, auf welche sich Payen (l. c.) bezieht, kommt im Safte ganz junger Triebe des Rohres der Plantagen Stärke vor. Kaum dürfte aber, mei-

Macht man einen Querschnitt durch das Rohr, so erkennt man drei Arten von Geweben: Oberhaut, Gefässbündel und Parenchym. Die Oberhaut, selbst des dicken Rohres ist im ganzen Umfange des Stammes wohl erhalten, die Gefässbündel sind über den ganzen Querschnitt vertheilt; doch ist auf den ersten Blick hin zu erkennen, dass dieselben in der Peripherie weitaus reichlicher als im Centrum des Rohres auftreten. Im Umfange des Rohres stehen die Bündel beinahe dicht gedrängt nebeneinander; in der Nähe des Centrums hingegen liegen dieselben so sehr von einander entfernt, dass sich zwischen sie Parenchymmassen einschieben, die oft um das drei- bis zehnfache breiter sind als die Durchmesser der sie trennenden Gefässbündel. Innerhalb der Oberhaut, die von den Gefässbündeln freigelassenen Räume vollständig erfüllend, liegt Parenchym.

Eine Auflockerung des Parenchyms, hervorgebracht durch partielles Auseinandertreten der Zellen in Folge von Auflösung der Intercellularsubstanz, eine im Parenchym der Rübe ungemein häufig auftretende Erscheinung, habe ich in dem mir zur Untersuchung vorliegenden Materiale nicht gefunden. Im frischen Rohre habe ich keine Spur von Resorption des Parenchymgewebes beobachtet; im trockenen Rohre fand ich allerdings kleine durch Resorption von Gewebspartien entstandene Hohlräume, in denselben fand ich aber noch Spuren von dem Gerüste der ältesten Zellrandschichten (mit Einschluss der Intercellularsubstanz), so dass ich vermuthe, dass eine Auflösung der Zellmembranen vom Inneren der Zelle her stattgefunden hat. Im Gewebe der Rübe findet nach den von mir angestellten Beobachtungen gerade das Umgekehrte statt. —

Karsten*) hat über die Resorption des Gewebes ausführlichere Beobachtungen angestellt, als dies mir bei dem beschränkten Material, welches mir zu Gebote stand, möglich gewesen ist. Zur Vervollständigung meiner Angaben und wegen der an gleicher Stelle seiner Abhandlung ausgesprochenen Vermuthung über die Entstehung des Zuckers

nen vergleichenden Beobachtungen zu Folge, die Menge der Stärke im Rohr der Plantagen jemals so gross werden als die, welche sich im Rohr unserer Gewächshäuser vorfindet.

*) H. Karsten. Ueber die Entstehung des Harzes, Wachses etc. durch die assimilirende Thätigkeit der Zellmembran. Botan. Zeitung 1857.

im Zuckerrohr — der einzigen diesbezüglichen Angabe, welche ich in der Litteratur auffinden konnte — citire ich hier einen Theil aus jener werthvollen Arbeit, welche auf die jüngeren Forscher so befruchtend gewirkt hat.

Karsten sagt p. 320: „Ueber die Entstehung des Zuckers ist histologisch noch nichts bekannt, man nimmt allgemein an, dass derselbe aus der Umsetzung des Stärkemehls hervorgehe; so wahrscheinlich dies auch ist, so bleibt dennoch das Nähere dieses Vorganges in dem assimilirenden Gewebe durch die Beobachtung noch zu bestätigen; überdies ist es mir nicht unwahrscheinlich, dass in gewissen Fällen auch zur Entstehung des Zuckers die verflüssigte Zellwand dient, da zuweilen dort, wo der Zucker besonders reichlich auftritt, ganze Gewebsgruppen verflüssigt werden', z. B. in dem Zuckerrohre, dessen Stamm in der Regel gänzlich mit Mark gefüllt ist, jedoch dort, wo es auf fruchtbarem Boden besonders üppig wuchert, in den älteren Theilen des Stammes durch Resorption des Markes hohl wird, während die jüngeren Theile aussergewöhnlich zuckerreich werden, so dass eine Wechselbeziehung zwischen diesem grösseren Zuckergehalt und der Verflüssigung zu bestehen scheint."

Es treten also unter Umständen grössere Hohlräume im Stamme des Zuckerrohres auf. Ueber den chemischen Vorgang der Resorption im Parenchym, in Folge derer die Hohlbildungen entstehen, werde ich das Wenige, was sich darüber bei dem heutigen dürftigen Stande der Chemie der Gewebe und diesbezüglicher Partien der organischen Chemie, constatiren lässt, weiter unten, bei der näheren Betrachtung des Parenchyms, mittheilen.

---

1. Oberhaut. Dieselbe besteht aus einer Zelllage, in welcher sich viererlei Elemente vorfinden. 1) Langgestreckte Oberhautzellen, von der Fläche aus gesehen im Mittel 0.054mm lang und 0.014mm breit (Fig. 1.), mit mehr oder minder deutlichen wellenförmigen Contouren (Fig. 1. a.). Diese Zellen sind porös verdickt. In der oberen Zellwand zeigen sich Poren von spaltenförmiger Gestalt. 2) Kurze Oberhautzellen von der Breite der frühergenannten (Fig. 1. b.), aber niemals länger als breit, meist nur 0.011mm lang. 3) Sehr kleine (längster

Durchmesser 0.009 mm). unregelmässig gestaltete Zellen mit überaus kleinem Lumen (Fig. 1. c.). Endlich 4) Spaltöffnungen. Dieselben sind in der Oberhaut sehr sparsam vertheilt, indem nach meinen Beobachtungen im Mittel auf eine Fläche von 5 Quadrt. Millim. bloss eine Spaltöffnung zu liegen kömmt.

Die langen Oberhautzellen führen anfänglich einen plasmatischen Inhalt, später führen sie Luft. Sie haben sehr frühzeitig eine lichtbräunliche Farbe, welche bald einer tiefbraunen Farbe Platz macht. Jod und Schwefelsäure färbt die Zellen schmutzig grün, junge Stadien werden schmutzig grünblau gefärbt. In allen Altersstadien, vornehmlich aber in jungen Zellen, kann man die Gegenwart eines eisengrünenden Gerbstoffes, der besonders deutlich auf Kalizusatz hervortritt, constatiren. Die beiden Arten von kleinen Zellen (Fig. 1. b; b, c.) unterscheiden sich nicht nur durch die Grössenverhältnisse, sondern auch durch das Aussehen von einander. Die grösseren haben die Färbung der grossen Oberhautzellen, die kleineren sind selbst in sehr weit vorgeschrittenem Alter hell und nie so stark pigmentirt.

Man kann sich sehr leicht überzeugen, dass die Kieselsäure im Oberhaut-Gewebe des Zuckerrohres keineswegs gleichmässig vertheilt ist, sondern dass vornehmlich die kleinen Zellen die Träger dieses Körpers sind. Legt man nämlich ein Stück Oberhaut in Chromsäurelösung, so wird nach einiger Zeit (manchmal erst nach mehreren Tagen) Alles, was an organischer Substanz in den Zellen vorhanden ist, zerstört. Hierbei treten nun vorerst die Structurverhältnisse der langen Oberhautzellen klar hervor; sie erweisen sich als excentrisch verdickt, und zwar in der Weise, dass die mächtigsten Verdickungsschichten an der convexen, die schwächsten an der concaven Innenseite der Zellen zu liegen kommen. Starke Vergrösserungen lassen deutlich eine durch die Chromsäure hervorgebrachte Schichtung der Zellmembran erkennen. Die weitere Einwirkung der Säure besteht darin, dass die Zellmembran von aussen nach innen zu aufgelöst wird; schon in den ersten Stadien der Reaction kann man jede dieser Oberhautzellen isoliren, indem die Intercellularsubstanz zuerst der Wirkung des Reagens verfällt. Manchmal werden diese langen Oberhautzellen von der Chromsäure ganz gelöst, manchmal bleiben kleine Reste der Membran zurück. Während nun die grossen Oberhautzellen ganz oder zum grössten Theile im Reagens untergehen,

bleiben die beiden Arten der kleinen Zellen scheinbar ganz unverändert zurück, da sie grosse Mengen von Kieselsäure enthalten. Durch Veraschung der Oberhaut gehen sämmtliche grosse Oberhautzellen zu Grunde, von den kleinen Zellen bleibt die Mehrzahl in der Asche zurück. Ich habe solche kleine kieselreiche Zellen schon früher*) an der Oberhaut einer andern Pflanze beobachtet und sie mit dem Namen Zwerg- oder Kieselzellen bezeichnet. Die Verkieselung dieser Zellen tritt sehr frühzeitig ein, und dies mag die Ursache sein, warum dieselben den kieselarmen Oberhautzellen gegenüber in wahrhaft zwergartiger Grösse verbleiben.

2. Gefässbündel. Ueber ihre Vertheilung habe ich schon früher gesprochen. Ihr Querschnitt ist meist elliptisch, manchmal rhombisch. Die im Umfange des Stammes (Fig. 2.) liegenden Bündel sind weniger dick als die mitten im Marke liegenden. Erstere haben eine Dicke von 0.092, letztere von 0.122—0.301mm. In den peripherischen Bündeln (Fig. 3.) treten vornehmlich stark verdickte bastartige Zellen (Fig. 3. b.) und nur selten Gefässe auf; in den inneren Bündeln hingegen kommen stets mehrere deutliche Gefässe (Fig. 2. d., h.) vor, die hier noch umgeben sind von mehr oder minder stark verdickten bastartigen Zellen (f.), ferner von Porenleitzellen (b., c.) und Cambiumzellen (g.) In den grösseren Bündeln unterscheidet man stets grosse Porengefässe (d.) und kleinere Ringgefässe (h.).

Die Cambiumzellen sind stets reich an Eiweisskörpern und führen nur geringe Mengen von Zucker und Dextrin. Die Bastzellen und selbstverständlich auch die Leitzellen und Gefässe führen Luft. Die Membran der Cambiumzellen besteht vornehmlich aus Cellulose, die der andern Gefässbündelelemente enthält ausser Cellulose noch jene Umsetzungsproducte dieses Körpers, welche in den Elementen des Holzes auftreten. Durch schwefelsaures Anilin**) werden sie nämlich

---

*) In den zur Papierfabrikation benützten Kolbenblättern der Maispflanze (Maislische) treten in der Oberhaut und zwar an der unteren Blattseite zwischen grossen buchtigen Zellen kleine verkieselte Zellen auf, welche beim Veraschen des Gewebes oder beim Liegen desselben in Chromsäure zurückbleiben (Wiesner, Mikroskopische Untersuchung der Maislische etc. Dingler, Polytechn. Journ. 1865. Bd. 175. pag. 225.

**) Ich wende diesen Körper, mit Schwefelsäure stark angesäuert, als höchst charakteristisches Reagens auf Holzsubstanz an. Diese wird hierdurch intensiv gelb gefärbt. Ich werde über die Anwendung dieses Körpers zu mikrochemischen Zwecken bei anderer Gelegenheit ausführlicher berichten.

wie alle wahrhaft verholzten Gewebe intensiv gelb gefärbt. Die Intercellularsubstanz, welche die einzelnen nicht mehr auf cambialer Entwickelungsstufe stehenden Elemente miteinander verbindet, zeigt gegen Reagentien (chlorsaures Kali und Salpetersäure, Chromsäure u. s. w.) ganz dasselbe Verhalten, welches die Intercellularsubstanz des Holzes zeigt.

3. Parenchym. Die Zellen desselben haben je nach ihrer Lage im Stamme verschiedene Grösse, Form und Structur. Man findet im Rohre dreierlei Parenchymzellen, zwischen welchen allerdings alle möglichen Uebergänge vorkommen, die ich aber nichtsdestoweniger doch besonders hervorheben will, weil die Grenzglieder der Formenreihen ein ganz specifisches Gepräge besitzen. Der Einfachheit der Darstellung wegen bezeichne ich diese drei Arten von Parenchymzellen mit den Namen: Aussenparenchym, Bündelhülle und Mark.

Alle diese Arten des Parenchyms bestehen anfänglich aus Cellulosemembranen und körnig-schleimigem Plasma. Im Aussenparenchym wird beinahe das ganze Plasma zum Aufbau der Zellmembran verwendet. Die Zellen der Bündelhülle, minder derbwandig als die Zellen des Aussenparenchyms, enthalten nur wenig Zucker und Eiweiss in Lösung; in ihnen wird der grösste Theil des Plasma zur Membranbildung aufgebraucht. Die Elemente des Markes sind nur schwach verdickt und sind mit zuckerreichem Zellsaft gefüllt; sie sind die Träger des Zuckers im Zuckerrohr.

Zwischen sämmtlichen Parenchymzellen des Rohres treten kleine luftführende (meist dreiseitige) Intercellularräume auf, die besonders deutlich im Marke zu sehen sind (Fig. 2. t.).

Die Zellen des Aussenparenchyms stehen in mehrfachen Reihen unterhalb der Oberhaut und zwischen den bastreichen peripherischen Bündeln (Fig. 3. p.). Der Querschnitt dieser Zellen ist mehr oder weniger deutlich polygonal (meist sechsseitig) abgeplattet. Der Längenschnitt ist ein der Form des Rechteckes sich näherndes langgestrecktes Sechseck (Fig. 4.). Der Querschnittsdurchmesser beträgt im Mittel 0.045mm, der Längendurchmesser 0.132mm, die Zellen sind stark verdickt, ihre Poren treten schon bei schwächeren Vergrösserungen klar hervor. Die jungen Zellen des Aussenparenchyms sind reich an Chlorophyll und werden deren Membranen in diesem Zustande durch Jod und Schwefelsäure blaugrün gefärbt. Im Alter führen diese Zellen Luft; ihre Membranen

werden durch die beiden letztgenannten Reagentien nur mehr braun gefärbt. In diesem Zustande sind die Zellen stark verholzt; nach meinen Beobachtungen sind sie die am meisten verholzten Elemente, die im Zuckerrohre anzutreffen sind: mit Schwefelsäure angesäuertes schwefelsaures Anilin färbt nämlich diese Zellen am intensivsten gelb (goldgelb), woraus ich schliesse, dass in ihren Membranen die grössten Mengen vom sogenannten Holzstoff durch Umsetzung der Cellulose entstanden sind.

Unter der Bündelhülle verstehe ich das aus langstreckigen Elementen bestehende Parenchym, welches als continuirliche Hülle sämmtliche Gefässbündel umkleidet. Der Durchmesser des Querschnittes dieser Zellen ist meist bedeutend kleiner als jener der Zellen des Aussenparenchyms; die Längendurchmesser sind hingegen bedeutend grösser. Die Membranen dieser Zellen sind deutlich verhozlt, wie sich durch die Anwendung von schwefelsaurem Anilin nachweisen lässt.

Die Zellen der Bündelhülle gehen allmälig in die Elemente des Markes über. Die Verholzung der Membranen nimmt von der Bündelhülle gegen das Mark zu rasch ab; gleichzeitig verkleinern sich die Längendurchmesser und vergrössern sich die Dimensionen des Querschnittes. Die überwiegende Mehrzahl der Markzellen zeigt nur eine geringe Längsstreckung; die Querschnittsformen sind meist Sechsseite, deren Durchmesser im Rohr des Gewächshauses bis 0.18 mm, im Rohr der Plantage bis 0.25 mm steigt. Die Poren der vollständig entwickelten Zellen sind deutlich sichtbar (Fig. 5.). Die Verdickung der Wand ist eine sehr geringe (cf. S. 6.).

In jüngeren Zellen des Markes findet sich noch viel Protoplasma vor (Fig. 5. A. p.); es umschliesst einen ziemlich grossen (0.009mm messenden) Zellkern, und wird von einer Hautschicht umschlossen, die sich selbst noch in ziemlich weit vorgeschrittenen Entwicklungsstadien der Zellen nach den gewöhnlichen Methoden leicht contrahiren lässt. Mit zunehmender Entwickelung der Markzellen schwindet ziemlich rasch die grösste Menge des Plasma; es wird durch einen klaren, farblosen Zellsaft ersetzt, in welchem sich stets noch kleine Reste des Plasma, häufig noch der Zellkern erkennen lässt. Ausserdem enthält der Zellsaft noch eine grosse Menge von Rohrzucker, gelöstes Eiweiss, und, wie schon oben erwähnt, unter Umständen Stärkekörner.

Die Anwesenheit von gelöstem Eiweiss lässt sich durch aufgelöstes schwefelsaures Kupferoxyd und Kalilösung darthun; nach dem Kochen in den genannten Flüssigkeiten entsteht im Zellinhalte des Markes ein rother körniger Niederschlag von Kupferoxyd (mikrochemische Probe von Sachs).

Die im Parenchym des im Gewächshause gewachsenen Rohres vorkommenden Stärkekörner sind einfach, erreichen höchstens die Länge von 0.008 mm, haben die Gestalt schwach plattgedrückter Ellipsoide, und lassen auf Zusatz von verdünnter Chromsäure sowohl Kern als Schichten erkennen.

Sämmtliche Membranen der Markzellen enthalten noch grosse Mengen von unverändeter Cellulose; sie werden nämlich durch Jod und Schwefelsäure rein tiefblau gefärbt. Schwefelsaures Anilin reagirt auf diese Zellen nicht; dieselben sind desshalb unverholzt. Nur die an die Zellen der Bündelhülle angrenzenden Elemente erhalten einen Stich in's Gelbliche.

Von grösster Wichtigkeit für die Zwecke dieser Arbeit ist das Verhalten der Intercellularsubstanz, und das örtliche Vorkommen der Pectinkörper, deren Anwesenheit in den Geweben des Zuckerrohres durch die chemische Analyse lange constatirt ist.

Die Intercellularsubstanz des Parenchyms wird durch kochendes Wasser so gut wie gar nicht angegriffen; durch verdünnte Kalilösung (Fig. 6.) wird sie selbst nach länger andauerndem Kochen nur sehr wenig alterirt; an einzelnen Stellen (Fig. 6, a.) tritt allerdings ein theilweises Schwinden derselben ein; grosse Strecken hindurch (Fig. 6. b.) lässt sich hingegen keinerlei Veränderung wahrnehmen. Durch Erwärmung des Parenchyms in concentrirten Lösungen von organischen Säuren oder verdünnten Mineralsäuren erleidet die Intercellularsubstanz keine auffällige Veränderung; an einigen wenigen Stellen treten Erscheinungen in ihr auf, wie sie auch durch Alkalien hervorgebracht werden. Eine vollständige Auflösung der Intercellularsubstanz gelingt hier erst durch jene Mittel (Chromsäure, chlorsaures Kali und Salpetersäure), durch welche die Zwischensubstanz der Holzzellen und Markstrahlenzellen unserer Laubbäume in Lösung geht. Die Intercellularsubstanz kann, diesen Beobachtungen zufolge, nicht der Sitz der Pectinsubstanzen sein; im günstigsten Falle, wenn nämlich die Auflockerung der Zwischensubstanz durch Alkalien und

Säuren in Folge der Anwesenheit von Pectinkörpern ermöglicht wurde, treten in ihr nur geringe Mengen von diesen Substanzen auf, so dass sich denselben keineswegs die grossen Mengen von Pectinkörpern ableiten lassen, welche im Safte des Rohres auftreten.

Betrachtet man die durch das Parenchym geführten Schnitte, die in Kalilauge erwärmt wurden, so erkennt man auf den ersten Blick, dass die Zellwand ziemlich stark aufgequollen ist. Wäscht man den so behandelten Schnitt in destillirtem Wasser aus und kocht denselben hierauf in einer Lösung von Oxalsäure, so erkennt man, wenn auch nicht an allen Orten der Zellen, dass die mittleren Lagen der Verdickungsschichten aufgelöst werden (Fig. 6, c.); an allen Orten der Zellen giebt sich jedoch in den mittleren Verdickungsschichten eine mehr oder minder starke Auflockerung kund, die wohl nur in einer partiellen Auflösung dieser Schichten durch die Säure begründet sein kann. Es ist desshalb wohl nicht zu bezweifeln, dass die secundären Verdickungsschichten der Sitz der Pectinkörper (vorzugsweise der Pectose) des Rohres sind.*)

Das Auftreten der Pectinsubstanzen in den secundären Verdickungsschichten der Parenchymzellen, und die Beobachtung, dass in den durch Resorption entstandenen Hohlräumen noch Reste der Intercellular-

*) Ueber das Auftreten von Pectinkörpern in bestimmten Geweben liegen Beobachtungen von Poumarade, Mulder u. A. vor. Poumarade (Compt. rend. IX. 660.) giebt an, dass das Gewebe vieler Früchte, Wurzeln und Rinden aus Pectose gebildet sei. Mulder (physiol. Chemie, 514) constatirte die Anwesenheit von Pectose im Collenchym und einigen Parenchymgeweben. Ueber das locale Auftreten der Pectinkörper in den Zellen pectinführender Gewebe wurde Folgendes bekannt. Fremy (Recherches chimiques sur la composition des cellules végétales (Mém. lu à l'Acad. d. s. 24. Jan. 1859) behauptet, dass die Pectose stets innerhalb der primären Zellwand auftritt. Harting (Das Microscop) bezeichnet die Intercellularsubstanz als Sitz dieses Körpers. Kabsch (Pringsheim's Jahrb. III. 367) constatirte die Anwesenheit der Pectose in der Intercellularsubstanz des fleischigen Gewebes der gelben Rübe und Kohlrübe, A. Vogl in der Intercellularsubstanz bestimmter Gewebe der Löwenzahnwurzel. Ich habe (Sitzungsber. der Wiener Academie, Bd. 50.) die Pectose in der Intercellularsubstanz und den älteren Zellwandschichten des Parenchyms der Runkelrübe nachgewiesen. Aus den genannten und den in der Abhandlung enthaltenen Beobachtungen lässt sich wohl entnehmen, dass die Umwandlung der Cellulose in Pectose und mithin das Vorkommen derselben in der Zelle nicht stets an die gleichen Regionen der Zellmembran gebunden ist.

substanz des zerstörten Gewebes kenntlich sind, drängen mich zur Annahme, dass die Resorption durch Umsetzung der Pectose in lösliche Pectinkörper (Pectin, Pectin- und Metapectinsäure) erfolgt. Die Annahme scheint mir um so berechtigter, als die Pectose erwiesenermassen im Contacte mit organischen Säuren, deren Anwesenheit im Zellsafte des Rohres constatirt ist, sich in lösliche Pectinkörper umsetzt. Diese Erklärungsweise des Resorptionsvorganges steht allerdings nicht in directem Widerspruche mit Karsten's oben citirter Ansicht, dass die Zellwände Material zur Bildung von Zucker abgeben, da Karsten ein directes Hervorgehen des Zuckers aus der Zellwand keineswegs behauptet; insofern aber, als ich den Vorgang der Resorption auf bestimmtere Beobachtungen, nämlich auf Entstehung löslicher Pectinsubstanzen zurückführte, und für eine Umwandlung dieser Substanzen in Zucker keinerlei chemische Gründe vorhanden sind, scheint mir Karsten's Ansicht an Sicherheit verloren zu haben.

Unmöglich kann man die Entstehung des gesammten Zuckers des Rohres auf die Umwandlung der Stärke zurückführen; aber sind nicht Gründe vorhanden, welche auf ein Entstehen des Zuckers aus Eiweiss hindeuten? Die plasmareiche Zelle verliert grosse Mengen von unlöslichen Eiweisskörpern, ohne ihre Wand auffällig zu verdicken; sie hat allerdings einen Theil des Protoplasma in lösliches Eiweiss umgesetzt, einen kleinen Theil zur Wandbildung verwendet; was geschah nun mit dem Rest des Plasma, und woher kamen die grossen Mengen von Rohrzucker, die sich in dem beinahe klar gewordenen Zellinhalte nachweisen lassen? Es scheint mir in der That die grösste Menge des Zuckers aus Plasma hervorzugehen; und wenn auch vom chemischen Standpunkte directe Beweismittel für diese Entstehungsweise gegenwärtig noch nicht aufzubringen sind, so macht doch das Hervorgehen von anderen Kohlenhydraten (Cellulose, Granulose) aus Eiweiss, was histologisch wohl sicher gestellt ist, die Sache zum mindesten wahrscheinlich.

Ich gehe nun an die Lösung der praktischen Frage: welche Vor- oder Nachtheile bietet die Anwendung des Diffusionsverfahrens gegenüber der Gewinnung durch Pressen bei den im Rohre vorkommenden anatomischen Verhältnissen und bei der wechselseitigen Lage der Stoffe in den Geweben desselben?

Für's Erste fällt in's Auge, dass die zuckerführenden Zellen eine Lage im Rohre einnehmen, welche für die Saftgewinnung durch das Pressverfahren höchst ungünstig ist. Denn erstlich liegen die grössten Mengen der zuckerführenden Zellen im Innern des Rohres, wodurch bedingt wird, dass der Saft in den reichlich eingestreuten Gefässbündeln vielfache Hindernisse während seines Austretens findet; sodann ist zu bedenken, dass das ganze zuckerführende Gewebe von dem aus holzigen dickwandigen Zellen bestehendem Aussenparenchym und den aus ungemein stark verdickten Bastzellen zusammengesetzten peripherischen Gefässbündeln im geschlossenen Zuge umgeben ist, wodurch das Austreten des Saftes nur in höchst unvollkommener Weise erfolgen kann. Bei dem gewaltsamen Pressen zerreissen die Zellen, wovon ich mich auch durch den Versuch im Kleinen überzeugte, und aus ihnen tritt der flüssige Zellinhalt aus: dieser enthält aber viel gelöstes Eiweiss, wie die vergleichende mikroskopische Untersuchung lehrt, mehr an diesem Stoffe als die Runkelrübe. Man wird also beim Pressverfahren nicht nur relativ wenig Saft, sondern auch einen eiweissreichen Saft, der der Zersetzung rasch verfallen muss, erhalten. Es ist leicht einzusehen, dass die Anwendung der Pressung beim Rohr noch ungünstigere Resultate geben muss, als bei der Rübe, da die Hindernisse des Saftaustritts im Rübenbrei weitaus geringer sind und die Anwesenheit von zum grössten Theile unlöslichen Eiweisskörpern in der Rübe insofern zur Gewinnung reinerer Säfte Veranlassung geben muss, als die körnig-schleimige Materie der unlöslichen Eiweisskörper viel schwerer in den Saft eintreten wird, als gelöstes Eiweiss.

Schneidet man hingegen das Rohr durch senkrecht auf seine Achse geführte Schnitte in Scheiben und überlässt dieselben dann der Diffusion im kalten oder warmen Wasser, dann ist eine reichliche Ausbeute an Zucker ein Leichtes. Es erfolgt der Austritt des Zuckers durch die Schnittflächen der Rohrscheiben. Verluste in Folge Anwesenheit der Geüfässbndel und des Aussenparenchyms werden nicht vorkommen, da in die luftführenden Elemente des Aussenparenchyms ebensowenig als in die der Gefässbündel ein Eintreten von diffundirender Flüssigkeit statthaben kann. Allerdings ist wegen der Unthätigkeit des Aussenparenchyms und der Bündel während der Saftgewinnung die diffundirende Fläche nur eine relativ kleine, dies kann aber nur eine

Verlangsamung der Zuckergewinnung, nicht aber einen Verlust an Zucker bedingen.

Durch das Anschneiden des Rohres werden allerdings lösliche Eiweisssubstanzen von durchschnittenen Zellen aus in den Diffusionssaft eintreten. Diese Eiweissmengen werden aber sicher nur sehr gering gegenüber jenen Mengen dieser Körper sein, die durch Auspressen in den Saft gelangen.

Das Auftreten von grösseren Mengen löslicher Eiweisssubstanzen im Rohr bedingt, dass die Vortheile der Diffusion für das Rohr sich etwas ungünstiger als für die Rübe, die hauptsächlich unlösliche Eiweisssubstanzen führt, gestalten müssen; da ja lösliches Eiweiss ein relativ geringeres endosmotisches Aequivalent als unlösliches besitzt, und in Folge dessen erstlich kleine Mengen von gelöstem Eiweiss in den Diffusionssaft des Rohres eintreten, indess das unlösliche Eiweiss die Zellen der Rübe gar nicht verlassen kann, und zweitens auch beim Rohre ein etwas grösserer Zeitraum zur vollständigen Erschöpfung des Zuckers nothwendig ist. — Aber es handelt sich ja weniger um das Verhältniss zwischen der Diffussion der Rübe und des Rohrs, als um jenes zwischen der Pressung und der Diffusion des Rohres, und hierbei können die Vortheile der Diffusion unmöglich zweifelhaft bleiben, da ja vorzugsweise die löslichen Eiweisskörper, die in grossen Massen in den Presssaft eintreten, es sind, welche das Pressverfahren unzweckmässig erscheinen lassen; im Diffusionssaft können dieselben nur in viel geringeren Quantitäten vorkommen, welcher Umstand wohl sehr für den Werth der Diffusion spricht.

Ich habe noch eines Umstandes Erwähnung zu thun, welcher sehr zu Gunsten der Diffusionsmethode spricht; ich meine die oben auseinandergesetzte Vertheilung der Pectose im zuckerführenden Gewebe. Die Vertheilung dieses Körpers im Rohr ist, wenn es sich um die Diffusionsmethode handelt, hier eine weit günstigere als in der Rübe. In letzterer ist vorzugsweise die Intercellularsubstanz der Sitz der Pectose. Starkes Erhitzen, saures oder alkalisch reagirendes, zur Bereitung des Diffusionssaftes dienendes Wasser bedingt einen Zerfall des Gewebes und desshalb eine mechanische Verunreinigung des Saftes durch Gewebsstücke. Dieser Umstand, und die starke den Austritt der Zuckerlösung behindernde Aufquellbarkeit der Intercellularsubstanz macht es zur Aufgabe, die die Raschheit des Austrittes des Zuckers

beschleunigenden höheren Temperaturen nur bis zu einer ziemlich tief liegenden Grenze zu steigern, und mit möglichst neutralem Wasser zu arbeiten. Diese Beschränkung fällt beim Zuckerrohr weg; weder heisses noch saures oder alkalisches Wasser wird einen Zerfall der Gewebe herbeiführen, da die Intercellularsubstanz gar keine oder nur wenig Pectose führt; aber selbst die Aufquellbarkeit der Zellmembranen ist hier nur eine geringe, da ja selbst die secundären Membranen nicht reich an Pectose sind. Man wird also bei der Anwendung der Diffusionsmethode auf Rohr sorglos höhere Temperaturen und saures oder alkalisches Diffusionswasser anwenden dürfen; hieraus wird man möglicher Weise grossen Nutzen schöpfen können, da stark erwärmtes Wasser nicht nur den Austritt des Zuckers aus den Zellen beschleunigt, sondern auch lösliches Eiweiss in unlösliches umsetzt, und angesäuertes oder alkalisch gemachtes Wasser unter Umständen ein wichtiges Mittel zur Conservirung der Rohsäfte abgeben dürfte.

Erklärung der Figuren.

Fig. 1. Zellen aus der Oberhaut des Zuckerrohrs, durch Chromsäure aus dem Verbande gebracht. a, a' gewöhnliche Oberhautzellen; a' durch die Chromsäure stark angegriffen; b, b' grosse, c kleine Kieselzelle.

Fig. 2. Querschnitt durch das Parenchym, um durch ein in der Nähe der Achse des Rohres gelegenes Gefässbündel; a. Parenchym (Mark); b. Parenchym (Bündelhülle); b, c. Porenleitzellen; g. Cambiumzellen; d. Porengefässe; h. Spiralgefässe; f. Bastzellen; t. luftführende Intercellularübergänge.

Fig. 3. Querschnitt durch Oberhaut, Aussenparenchym und durch einen Theil eines peripherischen bastreichen Gefässbündels, nach kurzer Einwirkung von Chromsäure, die Schichtung der Zellmembranen zu zeigen. b. Bastzellen; p. Zellen des Aussenparenchyms, o. Oberhautzellen.

Fig. 4. Längenschnitt durch Zellen des Aussenparenchyms.

Fig. 5. Zellen aus dem zuckerführenden Parenchym (Mark). A. junge plasmareiche Zelle; p. Plasma; z. Zellkern; B. vollkommen entwickelte Zelle; führt nur mehr Spuren von Plasma (p); a. Poren der Wand.

Fig. 6. Zuckerführende Parenchymzelle, aus einem Gewebsstücke, das mit Kalilauge, später, nach dem Auswaschen in Wasser, in Oxalsäurelösung gekocht wurde. b, b. unverletztgebliebene Intercellularsubstanz; a, a. angegriffene Partien derselben; w. aufgequollene Zellwand; c, c' Stellen der Wand, die durch Oxalsäure in Lösung gebracht wurden.

Ueber das Wachsthum des Blüthenschaftes einer Agave Jacquiniana Schult.

Von

Professor Dr. Adolf Weiss in Lemberg.

Im Sommer 1864 gelangte in unserem botanischen Garten eine Agave zur Blüthe, welche sich bei der Bestimmung als Agave Jacquiniana Schult. (Agave lurida Jacq. Coll. 4. 94. tab. 1.) erwies.

Das Exemplar war von seltener Grösse und Ueppigkeit, mit bis nahezu 5 Schuh langen Blättern und stammt aus dem später in Verfall gerathenen Garten des Schlosses von Medika bei Lemberg, der seinerzeit für einen der schönsten und grossartigsten Privatgärten in Oesterreich galt. Im Jahre 1856 wurde sie von dem derzeitigen Obergärtner des hiesigen botanischen Gartens, Herrn C. Bauer, von dorther erworben. Die Agave war bereits damals von ansehnlicher Grösse und entwickelte sich, nachdem sie 1856 zum ersten und 1862 zum zweiten Male in grössere Kübel übersetzt worden war, in erstaunlicher Weise. Den Sommer 1863 über wurde sie mit ihrem Kübel im Freien gelassen, sonst hatte sie ihren Platz Winter und Sommer an einer hellen Stelle unseres Kalthauses gehabt.

In den letzten Tagen des März 1864 endlich zeigte sich die erste Spur des Blüthenschaftes. Ich liess nun sogleich die Pflanze durch Hinwegräumen anderer sie verdeckenden Akacien etc. so im Kalthause

*) Zum Druck eingesendet den 20. März 1866. D. R.

aufstellen, dass man einerseits mit möglichster Leichtigkeit Messungen an derselben anstellen konnte und andererseits dieselbe ihren Platz bei dem zu erwartenden kolossalen Blüthenschafte nicht wieder zu verändern brauchte, auf welchen Umstand bei dem beträchtlichen Gewichte derselben (über 250 Pfund) zunächst zu achten war.

Ich hatte mir sogleich vorgenommen, ausser den morphologischen zur Bestimmung der Species und zur Erlangung einer vollständigen Diagnose zunächst nöthigen Beobachtungen, auch eine möglichst lang fortgesetzte Reihe directer Abmessungen der Länge des Blüthenschaftes unter Berücksichtigung der bezüglichen Temperaturen und Feuchtigkeitsgrade der Luft anzustellen, nicht weil ich mir etwa ein besonderes Verdienst damit zu erwerben glaubte, sondern weil es bei der Seltenheit der Erscheinung geboten schien, dieselbe so vielseitig als möglich zu benutzen.

Da ich meine Wohnung nicht im botanischen Garten habe und derselbe überhaupt etwas ausser dem Kreise der eigentlichen Stadt Lemberg liegt, konnte ich leider die Beobachtungsstunden nicht so wählen, wie ich es am liebsten gethan hätte, sondern musste sie derart aussuchen, dass unter keinerlei Umständen eine Versäumung derselben zu besorgen stand. Die specielle Ueberwachung der Pflanze und die Verwahrung der Aufzeichnungen hatte ich überdiess dem ersten Gärtnergehülfen übergeben.

Die Ablesung geschah an einem Zeigerapparate der einfachsten Form und es wurden täglich mindestens 3 Messungen vorgenommen, nämlich um 6 Uhr früh, 12 Uhr Mittags und 10 Uhr Abends; häufig, besonders an abnormen Tagen deren mehr, um den Einfluss von Licht, Wärme und Feuchtigkeit besser verfolgen zu können. Die erhaltenen Resultate habe ich in zwei Tabellen gebracht, deren erste die unmittelbar durch die drei Beobachtungen gegebenen Zahlenwerthe enthält, während die zweite die aus diesen und zahlreichen anderen abgeleiteten Daten über das stündliche Wachsthum des Schaftes zu den verschiedenen Tageszeiten veranschaulichen soll. Diese letzteren insbesondere werden, wie ich hoffe, die Veröffentlichung dieser Zeilen rechtfertigen.

Wenn ich am Schlusse in einige allgemeinere Sätze die voranstehenden numerischen Werthe zu bringen suchte, so weiss ich recht wohl, wie wenig Allgemeines sie eigentlich enthalten können, indess

mögen sie in Verbindung mit den beigefügten Tabellen eine kleine Ergänzung zu den Arbeiten ähnlichen Inhaltes von Vriese und Martius bilden.

Ich bemerke nur noch, dass die ganze Höhe des Blüthenschaftes über 14 Fuss betrug, und dass er an 23 Seitenästen wohl über 2000 Einzelblüthen entwickelte. In den ersten Tagen des Mai hatte die Astbildung begonnen und die Entfaltung der ersten Blüthen fiel auf den 13. Juli. Ueber den 25. Mai hinaus konnten indess leider die Beobachtungen nicht mehr regelmässig fortgesetzt werden, da man Gefahr gelaufen wäre bei den ungünstigen Verhältnissen des Gewächshauses die Pflanze zu verderben, übrigens war im Juni das Wachsthum bereits sehr im Abnehmen begriffen und hörte im Juli ganz auf.

Zur Zeit des Aufspringens der Antheren befruchtete ich an der Mehrzahl der Blüthenäste die Einzelblüthen durch den Pollen von Blüthen anderer Blüthenäste, einige überliess ich ganz sich selbst. Von den künstlich befruchteten erhielten wir eine grosse Anzahl der schönsten Samenkapseln, die zu Anfang des Winters reiften, während die nicht künstlich befruchteten Blüthenäste auch nicht eine einzige Samenkapsel lieferten, und auch die Samenkapseln jener Blüthenpartieen, die ich mit ihren eigenen Pollen befruchtet hatte, an Grösse und Reichthum gut entwickelter Samen denen weitaus nachstanden, welche ich mit ganz fremden Pollen befruchtet hatte.

Nach der Samenreife liess ich die Pflanze unberührt stehen, um womöglich Bulbillen zu erhalten, doch gab ich die Hoffnung darauf bereits auf, als endlich gegen Anfang des Sommers 1865 sich die ersten zu zeigen begannen, denen bald eine grössere Anzahl folgte.

Im Nachfolgenden die gewonnenen numerischen Werthe:

I. Absolutes Wachsthum des Blüthenschaftes in Millimetern.

Datum	Zeit der Beobachtung Uhr	Längenwachsthum in mm von einer Beobachtung zur andern	Temperatur der Luft	Feuchtigkeitsgrad der Luft	Gesammtwachsthum			Totalwachsth. während des ganz. Tages
					Nachts	Mrgs.	Nachm.	
3. April	6 Früh	—	+ 10° R	73,17	—	—	—	—
	12 Mitt.	38 mm	12		—	38 mm	—	65 mm
	10 Abds.	27	11		—	—	27 mm	—
4.	6 F.	36	10		36 mm	—	—	—
	12 M.	16	11	74,33	—	16	—	70
	10 A.	18	11		—	—	18	—
5.	6 F.	18	10		18	—	—	—
	12 M.	15	13	83,40	—	15	—	43
	10 A.	10	11		—	—	10	—
6.	6 F.	22	11		22	—	—	—
	12 M.	21	13	77,1	—	21	—	49
	10 A.	6	12		—	—	6	—
7.	6 F.	19	10		19	—	—	—
	12 M.	11	11	81,7	—	11	—	36
	10 A.	6	10		—	—	6	—
8.	6 F.	11	9		11	—	-	—
	12 M.	—	11	89,1	—	—	—	18
	10 A.	7	10		—	—	7	—
9.	6 F.	19	10		19	—	—	—
	12 M.	20	12	69,4	—	20	—	48
	10 A.	9	12		—	—	9	—
10.	6 F.	16	9		16	—	—	—
	12 M.	—	11	76,6	—	—	—	42
	10 A.	26	10		—	—	26	—
11.	6 F.	24	10		24	—	—	—
	12 M.	10	11	80,3	—	10	—	54
	10 A.	20	10		—	—	20	—
12.	6 F.	16	8		16	—	—	—
	12 M.	14	11	74,5	—	14	—	55
	10 A.	25	10		—	—	25	—
13.	6 F.	12	9		12	—	—	—
	12 M.	—	10	74,4	—	—	—	25
	10 A.	13	10		—	—	13	—
14.	6 F.	18	10		18	—	—	—
	12 M.	—	12	77,3	—	—	—	37
	10 A.	19	11		—	—	19	—
15.	6 F.	3	9		3	—	—	—
	12 M.	—	10	77,4	—	—	—	38
	10 A.	35	11		—	—	35	—
16.	6 F.	10	9		10	—	—	—
	12 M.	5	10	90,0	—	5	—	26
	10 A.	11	11		—	—	11	—
17.	6 F.	10	8		10	—	—	—
	12 M.	10	11	77,4	—	10	—	26
	10 A.	6	10		—	—	6	—
18.	6 F.	8	10		8	—	—	—
	12 M.	25	13	66,7	—	25	—	54
	10 A.	21	11		—	—	21	—
19.	6 F.	17	10		17	—	—	—
	12 M.	11	12	83,2	—	11	—	37
	10 A.	9	11		—	—	9	—

Datum	Zeit der Beobachtung Uhr	Längenwachsthum in mm von einer Beobachtung zur andern	Temperatur der Luft	Feuchtigkeitsgrad der Luft	Gesammtwachsthum			Totalwachsth. während des ganz. Tages
					Nachts	Mrgs.	Nachm.	
20. April	6 F.	15 mm	+ 9° R.		15 mm	—	—	—
	12 M.	7	11	77,5	—	7 mm	—	42 mm
	10 A.	20	12		—	—	20 mm	—
21.	6 F.	11	10		11	—	—	—
	12 M.	9	12	84,0	—	9	—	31
	10 A.	11	11		—	—	11	—
22.	6 F.	15	11		15	—	—	—
	12 M.	25	14	76,7	—	25	—	60
	10 A.	20	12		—	—	20	—
23.	6 F.	17	11		17	—	—	—
	12 M.	26	13	72,0	—	26	—	50
	10 A.	7	13		—	—	7	—
24.	6 F.	5	10		5	—	—	—
	12 M.	15	12	63,4	—	15	—	32
	10 A.	12	11		—	—	12	—
25.	6 F.	18	10		18	—	—	—
	12 M.	20	14	61,0	—	20	—	60
	10 A.	22	12		—	—	22	—
26.	6 F.	30	12		30	—	—	—
	12 M.	28	15	57,3	—	28	—	83
	10 A.	25	12		—	—	25	—
27.	6 F.	27	13		27	—	—	—
	12 M.	28	18	58,0	—	28	—	95
	10 A.	40	15		—	—	40	—
28.	6 F.	10	11		10	—	—	—
	12 M.	10	11	75,1	—	10	—	32
	10 A.	12	10		—	—	12	—
29.	6 F.	16	10		16	—	—	—
	12 M.	14	12	70,0	—	14	—	44
	10 A.	14	10		—	—	14	—
30.	6 F.	18	9		18	—	—	—
	12 M.	12	11	68,3	—	12	—	37
	10 A.	7	11		—	—	7	—
1. Mai	6 F.	17	10		17	—	—	—
	12 M.	12	12	76,2	—	12	—	39
	10 A.	10	11		—	—	10	—
2.	6 F.	9	9		9	—	—	—
	12 M.	9	12	72,4	—	9	—	28
	10 A.	10	11		—	—	10	—
3.	6 F.	13	10		13	—	—	—
	12 M.	—	11	82,4	—	—	—	20
	10 A.	7	11		—	—	7	—
4.	6 F.	8	9		8	—	—	—
	12 M.	7	10	73,6	—	7	—	20
	10 A.	5	10		—	—	5	—
5.	6 F.	10	10		10	—	—	—
	12 M	10	10	69,1	—	10	—	27
	10 A.	7	12		—	—	7	—
6.	6 F.	6	10		6	—	—	—
	12 M.	11	11	68,7	—	11	—	25
	10 A.	8	11		—	—	8	—

Datum	Zeit der Beobachtung Uhr	Längenwachsthum in mm von einer Beobachtung zur andern	Temperatur der Luft	Feuchtigkeitsgrad der Luft	Gesammtwachsthum			Totalwachsth. während des ganz. Tages
					Nachts	Mrgs.	Nachm.	
7. Mai	6 F.	7 mm	+ 10° R.		7 mm	—	—	—
	12 M.	9	11	87,6	—	9 mm	—	25 mm
	10 A.	9	12		—	—	9 mm	—
8.	6 F.	—	9		—	—	—	—
	12 M.	—	10	85,0	—	—	—	7
	10 A.	7	10		—	—	7	—
9.	6 F.	8	10		8	—	—	—
	12 M.	9	11	77,7	—	9	—	23
	10 A.	6	11		—	—	6	—
10.	6 F.	7	10		7	—	—	—
	12 M.	13	11	68,9	—	13	—	30
	10 A.	10	12		—	—	10	—
11.	6 F.	10	10		10	—	—	—
	12 M.	18	10	74,2	—	18	—	40
	10 A.	12	12		—	—	12	—
12.	6 F.	10	11		10	—	—	—
	12 M.	22	13	66,7	—	22	—	41
	10 A.	9	12		—	—	9	—
13.	6 F.	21	11		21	—	—	—
	12 M.	40	17	65,9	—	40	—	109
	10 A.	48	15		—	—	48	—
14.	6 F.	35	10		35	—	—	—
	12 M.	41	15	63,1	—	41	—	90
	10 A.	14	12		—	—	14	—
15.	6 F.	16	11		16	—	—	—
	12 M.	34	16	65,3	—	34	—	66
	10 A.	16	14		—	—	16	—
16.	6 F.	20	12		20	—	—	—
	12 M.	25	18	80,6	—	25	—	68
	10 A.	23	13		—	—	23	—
17.	6 F.	27	11		27	—	—	—
	12 M.	36	17	54,9	—	36	—	71
	10 A.	8	13		—	—	8	—
18.	6 F.	15	10		15	—	—	—
	12 M.	17	14	54,3	—	17	—	45
	10 A.	13	11		—	—	13	—
19.	6 F.	18	11		18	—	—	—
	12 M.	15	14	63,7	—	15	—	42
	10 A.	9	12		—	—	9	—
20.	6 F.	16	11		16	—	—	—
	12 M.	14	15	55,0	—	14	—	46
	10 A.	16	11		—	—	16	—
21	6 F.	25	12		25	—	—	—
	12 M.	25	17	54,3	—	25	—	66
	10 A.	16	14		—	—	16	—
22.	6 F.	20	11		20	—	—	—
	12 M.	25	18	70,3	—	25	—	76
	10 A.	31	15		—	—	34	—
23.	6 A.	12	12		12	—	—	—
	12 M.	17	13	68,1	—	17	—	41
	10 F.	12	12		—	—	12	—

Datum	Zeit der Beobachtung Uhr	Längenwachsthum in mm von einer Beobachtung zur andern	Temperatur der Luft	Feuchtigkeitsgrad der Luft	Gesammtwachsthum			Totalwachsth. während des ganz. Tages
					Nachts	Mrgs.	Nachm.	
24. Mai	6 F.	12 mm	+ 12° R.		12mm	—	—	—
	12 M.	10	15	69,5	—	10mm	—	29 mm
	10 A.	7	12		—	—	7mm	—
25.	6 F.	11	11	69,2	11	—	—	—
	12 M.							
				Summe in 52 Tagen =	794	699	771	

II. Das mittlere Wachsthum in Millimetern u. z.

1) das mittlere Wachsthum in 1 Stunde überhaupt,
2) „ „ „ „ „ „ des Nachts,
3) „ „ „ „ „ „ des Morgens,
4) „ „ „ „ „ „ des Nachmittags.

NB. Die Stunden von 6 Uhr früh bis 12 Uhr Mittags als Morgen, von 12 Uhr Mittags bis 10 Uhr Abends als Nachmittag und von 10 Uhr Abends bis 6 Uhr früh als Nacht gerechnet.

Datum	Wachsthum in 24 Stunden	Mittleres Wachsthum während 1 Stunde				Anmerkungen
		überhaupt	Nachts	Morgens	Nachm.	
3. April	70	2,9	—	6,3	2,7	
4.	70	2,9	4,5	2,7	1,8	
5.	48	1,8	2,5	2,5	1,0	Sehr feucht.
6.	49	2,0	2,7	3,3	0,6	
7.	36	1,5	2,4	1,8	0,6	
8.	18	0,8	1,4	—	—	Kalt u. rauh, dabei sehr viel Feuchtigk.
9.	48	2,0	2,4	3,3	0,9	Plötzlich sehr trockene Luft.
10.	42	1,7	2,0	—	—	Feuchtigkeitsgehalt wächst sehr rasch.
11.	54	2,2	3,0	1,7	2,0	
12.	55	2,3	2,0	2,3	2,5	
13.	25	1,0	1,5	—	—	
14.	37	1,5	2,2	—	—	
15.	38	1,6	0,4	—	—	
16.	26	1,1	1,2	0,9	1,1	Sehr grosser Feuchtigkeitsgehalt.
17.	26	1,1	1,2	1,7	0,6	Feuchtigkeitsgehalt fällt.
18.	54	2,2	1,0	4,1	2,1	V. 10 U. früh an s. warm u. s. trockene Luft
19.	37	1,5	2,1	1,8	0,9	Der Feuchtigkeitsgehalt wächst s. stark.
20.	42	1,7	1,8	1,2	2,0	
21.	31	1,3	1,4	1,5	1,1	
22.	60	2,5	1,8	4,1	2,0	Feuchtigkeitsgehalt fällt.

Datum	Wachsthum in 24 Stunden	Mittleres Wachsthum während 1 Stunde				Anmerkungen
		überhaupt	Nachts	Morgens	Nachm.	
23. April	50	2,0	2,1	4,3	0,7	
24.	32	1,3	0,6	2,5	1,2	Früh grosse Abkühlung, aber trocken.
25.	60	2,5	2,2	3,3	2,2	Mittags sehr warm u. s. trockene Luft.
26.	83	3,5	3,7	4,7	2,5	Sehr warm u. noch geringerer Feuch-
27.	95	4,0	3,2	4,7	4,0	tigkeitsgehalt der Luft.
28.	32	1,3	1,2	1,7	1,2	Grosse Abkühlung, die bis 13. nur
29.	44	1,8	2,0	2,3	1,4	rauhe Tage bringt.
30.	37	1,5	2,2	2,0	0,7	Am 28. grosser Feuchtigkeitsgehalt der
1. Mai	39	1,6	2,1	2,0	1,0	Luft.
2.	28	1,1	1,1	1,5	1,0	
3.	20	0,8	1,6	—	—	Kalt, aber sehr feucht dabei.
4.	20	0,8	1,0	1,1	0,5	
5.	27	1,1	1,2	1,7	0,7	
6.	25	1,0	0,7	1,8	0,8	
7.	25	1,0	0,9	1,5	0,9	Sehr feuchte Luft; wärmer.
8.	7	0,3	—	—	—	Sehr rauh und kalt.
9.	23	0,9	1,0	1,5	0,6	Feucht
10.	30	1,2	0,9	2,1	1,0	Sehr trockene Luft.
11.	40	1,7	1,2	3,0	1,2	
12.	41	1,7	1,2	3,7	0,9	Nachts und früh warm.
13.	109	4,5	2,6	6,7	4,8	Sehr warm und trocken.
14.	90	4,0	4,4	6,7	1,4	do. do.
15.	66	2,7	2,0	5,7	1,6	do. do.
16.	68	2,8	2,5	4,1	2,3	do. und sehr feuchte Luft.
17.	71	2,9	3,4	6,0	0,8	Abends kühl und sehr trocken.
18.	45	1,8	1,8	2,9	1,3	Nachts kalt do.
19.	42	1,7	2,2	2,5	0,9	Kühl, besonders Abends. Feucht.
20.	46	1,8	2,0	2,3	1,6	Bis Mittag sehr warm. Sehr trocken.
21.	66	2,7	3,1	4,1	1,6	Nachts u. früh warm. Sehr trocken.
22.	76	3,2	2,5	4,1	3,1	Von 11 Uhr an s. warm u. s. feucht.
23.	41	1,7	1,5	2,9	1,2	
24.	29	1,1	1,5	1,7	0,7	
Durchschnittswerth:	45,5	1,88	2,19	2,73	1,46	

Auf den ersten Blick zeigen wohl diese Tabellen, wie innig das Wachsthum mit der Temperatur als dessen Hauptfactor zusammenhängt. Speciellere Beobachtungen haben gezeigt, dass etwa 3—4 Stunden vergehen, bis sich die Einwirkung von raschen Temperaturwechseln zu manifestiren beginnt und dies erklärt es auch, warum oft z. B. an relativ heissen Vormittagen das Wachsthum ein geringes war, wenn etwa die vorangehende Nacht besonders kalt gewesen.

Entgegen früheren Angaben*) war bei unserer Agave die grösste Längenentwickelung des Schaftes durchaus nicht im Anfange seines Emporsteigens; vielmehr war dasselbe während der ersten Wochen ein nur geringes im Verhältnisse zu dem raschen Aufschiessen der letzten Wochen vor der Entfaltung der ersten Blüthe, indess mag die erhöhte Temperatur im Mai viel dabei mitgewirkt haben.

So viel ist sicher, dass die ersten Wochen das Maximum der Dickenentwickelung des Schaftes bezeichneten und dass zur Zeit des Maximal-Längenwachsthums desselben die Verdickung geradezu Null genannt werden konnte; dieses grösste Längenwachsthum fand indess erst nach der Entfaltung der ersten Blüthenäste statt, was mir ziemlich begreiflich vorkommt. Der Blüthenschaft wächst nämlich wohl an seiner Spitze zunächst weiter und ist sicherlich dort der eigentliche Herd der Zellvermehrung zu suchen. Nun unterliegt es aber keinem Zweifel, dass der grösste Theil des Längenwachsthums nicht dadurch, sondern durch Zellstreckung, d. h. durch das Grösserwerden der bereits fertigen Zellen hervorgebracht wird und der Hauptsitz dieser Zellstreckung, also auch des eigentlichen Längenwachsthums selbst wird nicht an der Spitze zu suchen sein, sondern sich unterhalb derselben befinden und sicherlich eine ziemlich lange Zone einnehmen. Bei dem Umstande nun als von dem ersten Seitenaste an der Schaft sehr rasch an Dicke abnimmt, wird Zellvermehrung in Verbindung mit Zellstreckung gerade in den letzten Wochen des Wachsthums ein verhältnissmässig weit rascheres Hervorschiessen desselben bewirken als in den ersten Wochen, wo er einen so vielfach grösseren Durchmesser hat. Selbstverständlich nimmt das Wachsthum nach und nach wieder ab und zwar geschieht dies ziemlich plötzlich mit dem Aufbrechen der Blüthen an den ersten Aesten. Die Blätter der Agave welkten zu eben der Zeit augenscheinlich dahin.

Folgendes sind die Resultate, welche sich in etwas allgemeinerer Form zweifellos aus den mitgetheilten Beobachtungen ergeben.

1) Das Längenwachsthum des Schaftes ist in erster Linie von der Temperatur abhängig und steigt und fällt mit derselben.

*) Martius. Beitrag zur Natur- und Literärgeschichte der Agaven. München, 1855. de Vriese. Nederlandsch kruitkundig Archief. II. 1849—51. p. 235—253.

2) Dasselbe ist in den Nachmittagsstunden (12 bis 10 Uhr Abends) am Kleinsten, steigt im Laufe der Nacht (10 Uhr Abends bis 6 Uhr früh) und ist in den Morgenstundeu am Grössten.

3) Das kleinste Wachsthum zeigte sich in den ersten Tagen des Mai, wo bei niederer Lufttemperatur zugleich die Entwickelung der Blüthenäste begann.

4) Das grösste Längenwachsthum zeigte sich einige Tage vor und unmittelbar nach der ersten Astbildung, wo es längere Zeit auf der grössten Höhe sich erhielt.

5) An einzelnen Tagen war kein Unterschied in der Länge zwischen Morgen und Mittag, nie aber fand dies statt zwischen Mittag und Abends. Die Ursache dieses Stillstandes im Wachsthume ist indess wohl nur in der Temperatur zu suchen, welche an solchen Tagen in der Nacht nicht selten auf 5° R. herabsank und bei dem Umstande, als wie ich erwähnte die Einwirkung immer 3 — 4 Stunden braucht, bis sie sich recht zu manifestiren beginnt, das Wachsthum der Morgenstunden herabdrückte. An Tagen, wo die Temperatur selbst des Nachts nie unter 7° R. herabsank, wurde ein solcher Stillstand niemals beobachtet.

6) Die Wirkung von bedecktem und heiterem Himmel war eine ganz unmerkbare, sofern nicht zugleich mit ersterem die Temperatur bedeutend sank, in welchem Falle der letztere Umstand allein die Hemmung hervorbrrchte.

7) Im Mittel betrug das Wachsthum in 24 Stunden 45.5mm, im Maximum 109mm, im Minimum 18mm.

8) Das Wachsthum während des Morgens betrug im Mittel 15.7mm, im Maximum 41mm, im Minimum 0.

9) Das Wachsthum während des Nachmittags betrug im Mittel 15.0mm, im Maximum 48mm, im Minimum 5mm.

10) Das Wachsthum während der Nacht betrug im Mittel 15.6mm, im Maximum 36mm, im Minimum 0.

11) Das Wachsthum in einer Stunde überhaupt betrug im Mittel 1.8mm, im Maximum 4.5mm, im Minimum 0.3mm.

12) Das Wachsthum während einer Stunde des Morgens betrug im Mittel 2.7mm, im Maximum 6.7mm, im Minimum 0.

13) Das Wachsthum während einer Stunde des Nachmittags betrug im Mittel 1.5mm, im Maximum 4.8mm, im Minimum 0.

14) Das Wachsthum während einer Stunde der Nacht betrug im Mittel 2.2mm, im Maximum 4.5mm, im Minimum 0.

15) Im Ganzen kann man während der 52tägigen Beobachtungszeit mehrere äusserst scharf hervortretende Perioden unterscheiden, in welchen das Wachsthum zu einer gewissen Tageszeit weitaus dominirt und zwar:

I. Periode. Nachtwachsthum vorwiegend (8 Tage, vom 3. bis 12. April).

II. Periode. Nachmittagswachsthum vorwiegend (10 Tage, vom 12. bis 22. April).

III. Periode. Morgenwachsthum vorwiegend (7 Tage, vom 22. bis 29. April).

IV. Periode. Nachtwachsthum vorwiegend (7 Tage, vom 29. April bis 6. Mai).

V. Periode. Morgenwachsthum vorwiegend (13 Tage, vom 6. bis 19. Mai).

VI. Periode. Nachtwachsthum vorwiegend (6 Tage, vom 19. bis 25. Mai).

Die Perioden des Morgenwachsthums begreifen zugleich die Zeit der grössten Streckung des Schaftes in sich, während die auf sie folgenden Perioden des Nachtwachsthums die Zeit des grössten Dickenwachsthums desselben bezeichnen, ein Zusammentreffen, das nicht ohne Interesse ist, da es nach dem, was ich oben sagte, die Vermuthung nahe legt, die Zeit des vollen Tageslichtes sei vorzüglich der Zellstreckung günstig, während der Process der Zelltheilung in den Stunden der Nacht vor sich gehe. Damit scheint auch das unter 2) Gesagte zu harmoniren.

Absolut genommen wuchs der Blüthenschaft während 21 Tagen vorwiegend in der Nacht und während 20 Tagen vorwiegend des Morgens. In der ersteren Zeit war er um 955mm, in letzterer um 1052mm gewachsen, so dass das Morgenwachsthum jedenfalls viel ausgiebiger war.

16) Das Wachsthum während einer Stunde des Nachmittags ist stets kleiner als das mittlere Wachsthum in einer Stunde überhaupt. Ausnahmen hiervon zeigten sich während der 52 Tage nur 3 und zwar am 12. und 20. April, wo die starke Kühle während des ganzen Vormittags das Wachsthum in dieser Zeit hinderte und am 13. Mai, wo

von Mittag an eine ungewöhnliche Hitze eintrat und so ein rascheres Hervorschiessen veranlasste.

17) Das Wachsthum während einer Stunde des Morgens ist stets grösser als das mittlere Wachsthum in einer Stunde überhaupt. — Ausnahmen sind zunächst vom 10. bis 17. April, wo indess stets sehr kalte Morgen und diesen sehr kalte Nächte vorangegangen waren; ferner am 4. und 20. April und am 3. und 8. Mai, wo ebenfalls nur die besonders empfindliche Frische es hervorgebracht haben mochte.

18) Das Wachsthum während einer Stunde der Nacht ist bald grösser, bald kleiner als das mittlere Wachsthum in einer Stunde überhaupt — und zwar:

Vom 3. bis 18. April stets grösser (Ausnahmen 12. und 15. wegen der sehr kalten Nächte).

Vom 18. bis 29. April stets kleiner (Ausnahmen 22. und 26. wegen der sehr warmen Nächte).

Vom 29. April bis 6. Mai stets grösser.

Vom 6. bis 17. Mai stets kleiner (Ausnahmen 7., 8. und 14. Mai, welch' letzterer sowie der 8. Mai durch die so warmen Nächte sich erklären).

Vom 18. bis 25. Mai stets grösser (Ausnahmen 22. und 23. Mai).

Es fällt dabei auf den ersten Blick die überraschende Uebereinstimmung dieses periodischen Wechsels mit den unter 15) erwähnten Perioden auf, so dass sich diese in der That nicht blos auf das prävalirende Wachsthum im Allgemeinen, sondern auch auf das stündliche Wachsthum beziehen. — Absolut genommen ist das stündliche Wachsthum während einer Stunde der Nacht 22 Mal grösser und 22 Mal kleiner als das mittlere stündliche Wachsthum überhaupt.

19) In den 52 Tagen der Beobachtung war der Blüthenschaft um 2.364 Meter gewachsen; davon entfielen 0.79 Meter auf das Wachsthum während der Nacht, 0.80 Meter während des Morgens und 0.77 Meter während des Nachmittags.

20) Der Einfluss der Feuchtigkeit der Luft erscheint gegenüber den Wirkungen der Temperatur nur unbeträchtlich, denn bei fallendem Feuchtigkeitsgrade der Luft ist das Wachsthum stets nur dann fallend, wenn auch die Temperatur sinkt.

Schliesslich mögen noch einige Abmessungsdaten der Blätter und Blüthen unserer Agave folgen. Ich habe bei den Messungen neben dem Mittelwerthe auch die Maxima und Minima geben zu sollen geglaubt.

Länge der untersten Schaftblätter im Mittel 80cm (Max. 87cm, Min. 75cm).
Breite der untersten Schaftblätter im Mittel 9.6cm (Max. 11cm, Min. 8cm).
Länge der gewöhnlichen Blätter im Mittel 125cm (Max. 130cm, Min. 122cm).
Breite derselben an der Basis im Mittel 17.2cm (Max. 18.5cm, Min. 15cm).
Breite derselben in der Mitte im Mittel 16.1cm (Max. 18cm, Min. 14cm).
Grösste Breite derselben (nie in der Mitte!) im Mittel 19.2cm.
Dicke*) der Blätter an der Basis im Mittel 7.0cm (Max. 8.1cm, Min. 6.0cm).
Dicke in der Mitte im Mittel 1.05cm (Max. 1.1cm, Min. 1.0cm).
Grösste Dicke derselben bis 4.9cm.

Um die Blattdimensionen genau zu determiniren wurden Breite und Dicke in verschiedenen Entfernungen von der Basis, die als Ausgangspunkt galt, genommen; die Messungen ergaben:

Breite, gemessen in einer Distanz von 30cm von der Basis; Mittel 12.5cm (Max. 14cm, Min. 11.5cm).
Desgl. desgl. desgl. von 50cm von der Basis; Mittel 15.25cm (Max. 16.5cm; Min. 14cm).
Desgl. desgl. desgl. von 80cm von der Basis; Mittel 15.4cm (Max. 16cm; Min. 14cm).
Desgl. desgl. desgl. von 100cm von der Basis; Mittel 11.8cm (Max. 12.6cm; Min. 11cm).
Dicke, gemessen in einer Distanz von 30cm von der Basis; Mittel 2.1cm (Max. 2.5cm; Min. 1.9cm).
Desgl. desgl. desgl. von 50cm von der Basis; Mittel 1.3cm (Max. 1.6cm; Min. 1.2cm).
Desgl. desgl. desgl. von 80cm von der Basis; Mittel 0.56cm (Max. 0.6cm; Min. 0.5cm)
Desgl. desgl. desgl. von 100cm von der Basis; Mittel 0.47cm (Max. 0.5cm; Min. 0.4cm).
Länge der Zähne des Blattrandes $1\frac{1}{2}-2$ Millimeter.
Länge des Endstachels der Blätter 12- 16 Millimeter.
Länge der untersten Brakteen am Skapus 35cm.
Breite der untersten Brakteen an ihrer Basis 6cm.
Länge der Brakteen an der Anheftungsstelle des ersten Blüthenastes 8cm (Farbe derselben braungelb).
Länge der Brakteen an den Stielchen der Einzelblüthen 0.9cm.
Breite derselben an der Basis 2cm (Farbe weisslich).
Umfang des Blüthenschaftes an der Basis 34cm.
Länge des zweiten Blüthenastes**) 18.3cm.

---

*) Die Dicken wurden stets etwa 5—10cm neben der Mittelrippe an beiden Blatthälften gemessen. Die Werthe sind sämmtlich in Centimeter.

**) Der erste war abortirt und nur ein kurzer Stumpf. Der zweite trug 15 entwickelte Blüthen; die folgenden 70—100. In jedem Büschel standen 1—3—5—6 Einzelblüthen.

Länge der nächsten 5—6 im Mittel 31.4cm bis 39.5cm.
Länge der Filamente, Mittel 7.67cm (Max. 7.82cm; Min. 7.4cm).
Länge der Anthere, Mittel 3.12cm (Max. 3.16cm; Min. 3.10cm).
Länge des Fruchtknotens, Mittel 4.5cm } Um die Zeit der vollen Entfaltung der
Breite des Fruchtknotens, Mittel 1.0cm } Blüthe.
Länge des Perigons, Mittel 4.45cm (Max. 4.7cm; Min. 4.2cm).
Länge der inneren Laciniae, Mittel 2.16cm (Max. 2.20cm; Min. 2.15cm).
Länge der äusseren Laciniae, Mittel 2.26cm (Max. 2.30cm; Min. 2.20).

Untersuchungen über die Ursache der Knospen-Entfaltung.

Von

Prof. Dr. F. Schulze in Rostock.*)

Im vorigen Frühjahre pflanzte ich in meinem Garten einen Wallnussbaum unter erschwerenden Umständen. Beim Transport hatte er die meisten Saugwurzeln theils verloren, theils waren sie so eingetrocknet, dass man von ihren Functionen nicht mehr viel hoffen konnte. Das Interesse aber, was ich dem Baume und seiner Verwendung im Garten einmal zugewendet hatte, gab Veranlassung zu weiterem Nachdenken über die Bedeutung der Saugwurzeln, und so entstand eine Reihe von Experimenten über den durch hydrostatischen Druck möglicher Weise zu erzielenden Ersatz für die Saugwurzeln und über die Grösse des Drucks, welcher ein Aequivalent für die Saug- resp. Pumpkraft derselben wäre. Die Frage gewann ein gesteigertes Interesse durch ihre Beziehung zu den Liebig'schen Argumentationen über die Absorptionskraft der Erde, denn wenn die Folgerungen, welche L. zieht, auch nur zum Theil richtig sind, so muss den Saugwurzeln die Bedeutung, mit den absorbirend wirkenden Bodenbestandtheilen

---

*) Die weitere Bearbeitung der vorstehenden von Herrn Prof. Schulze mir brieflich mitgetheilten Untersuchung schien mir von zu grossem Interesse, um nicht, mit Genehmigung meines geschätzten Herrn Collegen, durch möglichst baldige Veröffentlichung derselben dazu, wie ich hoffe, Veranlassung zu geben.

H. K.

um die durch Absorption mechanisch gebundenen Pflanzennahrungsstoffe (Kali, Phosphorsäure, Ammoniak) siegreich zu kämpfen, eingeräumt werden, sofern man sich diese Stoffe bei feuchter Bodenbeschaffenheit in gelöster Form festgehalten denkt.

Die ersten Versuche machte ich mit Blüthenzweigen von Kastanien (Aesc. Hipp.), an denen die Blüthenknospen noch sehr wenig entwickelt waren. Wurden sie mit den Schnittflächen in Wasser gesetzt, so behielten sie zwar eine Zeit lang gesundes Aussehen, kamen aber zu weiter keiner Entwickelung oder letztere blieb nur sehr unvollkommen. Das Darübersetzen einer Glasglocke, wodurch das Verdunsten verhindert werden sollte, änderte wenig. Wurde dagegen das Schnittende mittelst eines Kautschukschlauches an ein mit Wasser gefülltes Glasrohr gebunden — das Rohr (in der durch die Zeichnung angedeuteten Weise) unten knieförmig gebogen und der lange Schenkel senkrecht aufgerichtet — so brachte der hydrostatische Druck des Wassers eine weitere Entwickelung der Blüthen und Blattknospen zuwege, dieselbe hörte aber nach einiger Zeit auf; jedesmal nämlich, wenn das Wasser in der Nähe des Zweig-Endes anfing, sich durch die aus der Schnittfläche extrahirten organischen Stoffe zu färben. Zweige, an denen die Blüthen und Blätter schon entwickelt waren, erhielten sich unter dem Einflusse des hydrostatisch hineingedrückten Wassers viel länger frisch als solche, welche einfach in Wasser gestellt waren; eine erhebliche Weiterentwicklung war nicht zu erzielen, mochte destillirtes Wasser oder Brunnenwasser oder Wasserauszug von Ackererde in dem Glasrohr sein; auch Zusatz von Eisenoxydhydrat oder anderer Stoffe, welche etwa hätten geeignet erscheinen können, um Fäulniss zu verhüten, half nicht; ebenso blieb das Resultat ziemlich gleich, mochte die Wassersäule 5 oder 30 Fuss hoch sein. Die Versuche wurden mit Zweigen von Robinien, Rosen und Weiden wiederholt, immer dasselbe Ergebniss: beschleunigte und weiter beförderte Entwicklung der Knospen bei Mitwirkung des hydrostatischen Drucks, ebenso an Zweigen, deren Blätter bereits entfaltet waren, längere Frischerhaltung der letzteren, aber immer später eintretender Stillstand; blos bei Weiden glückte es, sie so lange frisch zu erhalten, bis sich neue Wurzeln gebildet hatten. Schabte ich jedoch die Rinde der Zweige neben der Schnittfläche so weit weg, dass das in den Glasröhren enthaltene Wasser dieselbe nicht mehr nässen konnte, vielmehr in den

nackten Holzkörper allein hineingepresst wurde; so bewirkte dies eine auffallend weiter gehende Entwickelung der Blätter, als wenn das Wasser auf die Schnittfläche der Rinde und den Holzkörper zugleich drückte. Ich habe auf diese Weise, nachdem ein Stillstand in der Fortentwickelung der Blätter eingetreten war, letztere noch einige Wochen lang wenigstens frisch erhalten, so dass sie noch die vollste lebendige Turgescenz zeigten, während sie an Zweigen, wo das Wasser auf den Holzkörper- und den Rinden-Querschnitt zugleich drückte, längst abgewelkt waren. Es ist wohl noch nicht zulässig, für diese auffallende Differenz des Erfolges, je nachdem das Wasser sich zugleich in oder ausser Berührung mit dem Rinden-Querschnitt befand, Erklärungsgründe aufstellen zu wollen; bei Aufsuchung der letzteren wird aber nicht unberücksichtigt bleiben dürfen, dass das mit dem Rindenquerschnitt in Berührung befindliche Wasser lösliche Stoffe aus der Rinde auszieht, welche dasselbe nach einiger Zeit färben und Fäulnisserscheinung verursachen.

Vielleicht knüpft sich an die bisherigen Versuchs-Erfolge schon eine practische Verwerthung: um nämlich holzige Zweige von verschiedenen der Bewurzelung auf solchem Wege überhaupt fähigen Pflanzen bis zur Bildung von Saugwurzeln aus der Rindenregion an der Stelle, bis zu welcher die Rinde abgeschabt ist, zu bringen; es wird diese Stelle nur hinreichend feucht zu erhalten sein, so lange der Holzkörper des betreffenden Zweiges sich unter dem Einflusse des hydrostatischen Druckes befindet, etwa durch Umwickelung mit feuchtem Moose.

Weitere Nachrichten über die Breitnadeltriebe oder Rosetten der Kiefer.

Von

Prof. Dr. Ratzeburg und **H. Karsten.**

(Hierzu Taf. X.)

Diese pathologischen oder teratologischen Gebilde scheinen den Botanikern noch ganz unbekannt zu sein. Ich weiss wenigstens bestimmt, dass Horkel, der mit der desfallsigen Literatur wohl am besten bekannt gewesen sein mochte, von ihnen nichts wusste, denn er stellte, wenn er von der wunderbaren Keimlingsnatur der gliederblättrigen, später blattstieligen Acacien nach dem Abhiebe alter Stämme sprach, immer die Frage: „Sollten solche Primordialgebilde als Erinnerung an den fiederblättrigen Keimlingszustand der Acacie nicht auch anderwärts vorkommen? sollten nicht die Coniferen später per monstrositatem wieder wahre Blätter produciren können?"

Ich will nun nicht weiter nachforschen, ob neuere Botaniker meine Rosetten gekannt haben, und darf nur vermuthen, dass Henry (Leopold. Carol. Academie 1847, Bd. 14, Abth. I, S. 249) unter „abgeflachten Nadeln" etwas Aehnliches versteht.

Unter solchen Umständen war es wohl gerathen, die Sache wieder in Anregung zu bringen. Sie ist jedenfalls von hoher Wichtigkeit, denn nicht blos die Physiologie zieht daraus Nutzen, sondern auch der Praktiker, namentlich der mit Erziehung unserer hochwichtigen Kiefer

beschäftigte, wird in der erweiterten Kenntniss der Rosetten Winke für den Gesundheitszustand seiner Pfleglinge finden.

Der Gegenstand hat also seine zwei Seiten: eine anatomisch-physiologische und eine praktische, oder, wie ich die letztere auch nennen könnte, eine biologische. Diese musste ich schon in meinem neuen Werke „Waldverderbniss" an verschiedenen Stellen aufnehmen, weil sich namentlich nach dem Raupenfrasse des Kiefernspinners (Bombyx oder Gastropacha Pini) die Rosetten mehrmals als Todeszeichen angekündigt hatten. Hier habe ich daher auch Abbildungen verschiedener Zustände der Rosetten geliefert, z. B. auf pag. 106 (Holzschnitt) die treibenden, und auf Taf. 6, Fig. 2 die verkümmernden, Unterschiede, die ich, beiläufig gesagt, noch jetzt bei Raupenfrass aufrecht erhalte.

Ich übernehme also, nach Verabredung mit meinem werthen Collegen Karsten, die Bearbeitung der biologischen Seite dieses Thema's. Ich werde mich dabei allerdings auf Angaben meiner „Waldverderbniss" berufen müssen, aber auch neue Beobachtungen anführen können, und zwar eine für Entstehung und Leben sehr wichtige: die Taf. X. von Herrn v. St. Paul schön gemalte zweijährige Kiefer mit Johannis-Rosetten.

Um zu einer Theorie dieser im Ganzen doch seltenen, wenigstens den Botanikern schwer zugänglichen Abnormität zu gelangen, wird es zweckmässig sein, das Erscheinen von Rosetten nach den verschiedenen mir bekannt gewordenen Ursachen durchzunehmen. Ich kenne ihren Ausbruch nach Raupenfrass, Feuer und Wildschaden, also durch Verletzungen hervorgerufen, und dann ohne äussere Verletzung entstanden: die Johannis-Rosetten.

I. Die durch Verletzung hervorgerufenen.

1. Nach Raupenfrass. Ein Insect steht hier obenan; der Spinner (Bombyx Pini). Es ist auffallend, dass die praktisch und theoretisch gebildeten Forstmänner, welche diesen fürchterlichen Raupenfrass schon bis in's kleinste Detail beschrieben haben, dennoch der Rosetten nicht erwähnen. Und dennoch glaube ich, dass sie im letzten Stadium der tödtlichen Kiefernkrankheit nie fehlen. Obgleich sie auch hier (wie in allen übrigen ad 2) und 3) zu verzeichnenden Fällen) einer localen Saftüberfüllung ihre Entstehung verdanken, so herrscht

doch hier zugleich der höchste Grad von Schwäche des Baumes, wenn ich so sagen darf. Ob ich an weitere Analogien mit Schwächezuständen bei Thieren — aus welchen z. B. Wassersucht entspringt — erinnern darf?!

Beim Spinner sah ich die Rosetten sehr oft, nach anderem Raupenfrass aber so selten, dass ich fast geneigt wäre, hier Regel und Ausnahme einander gegenüber zu stellen. Beim Rosenspinner (Bombyx dispar) sah ich Rosetten erst einmal (s. meine „forstnaturwissenschaftlichen Reisen p. 235“) und zwar anno 1838. Die Beschreibung ist noch etwas unvollkommen, wahrscheinlich die erste in der Literatur, da der Hartig'sche Fall (s. nachher) kaum auf Rosetten zu deuten ist. Das wichtigste wäre, dass ich damals nur kleine, unterdrückte Pflanzen sah, und dass diese schon früh im Jahre reproducirt hatten. Frass der B. dispar an Kiefern ist selten und daher wohl als Ausnahme anzusehen.

Als ungewöhnliche Bildungen möchte ich auch die Rosetten ansehen, wenn sie nach dem Frasse von Nonne (Bombyx Monachi) und Spanner (Geometra piniaria) hervorbrechen. Für die Nonne will ich in dieser Beziehung nicht ganz einstehen, da es über 25 Jahre her ist, als ich den Frass vor der Thüre hatte. Ich glaube aber, ich hätte Rosetten nicht übersehen, wenn sie damals (1838—1840) vorgekommen wären. Mit dem Spanner, den ich seit 6 Jahren ununterbrochen im Auge behalten habe, bin ich meiner Sache ganz gewiss. Nach Spannerfrass erscheinen allerdings Rosetten, aber immer nur einzeln, und nur nach vollständigem Kahlfrasse. Darüber handelt meine „Waldverderbniss“ ausführlich (p. 173) und liefert eine colorirte Abbildung des Kahlfrasses, bei welchem ich Rosetten fand (Taf. 12, Fig. 1. 2). Wenn ich beim Spanner von allen Nebenknospen (zu welchen ich die Scheidenknospen oder Brachyblasten und Rosetten rechne) sagte: „sie wären entbehrlich,“ so geschah dies nach teleologisch-morphologischer Auffassung. Ich meine nehmlich, dass Scheidenknospen (die gewissermassen die Rosetten vertreten) zuweilen für die Erhaltung nothwendig sind und sie auch ermöglichen, wie nach Eulenfrass (Noctua piniperda); dass sie aber ein anderes Mal unnöthig sind, wie nach Spanner, nach dessen Frass sich die Kiefern ohne jene ausserordentliche Reproduction erholen — natür-

lich, wenn nicht spätere, unvorhergesehene Calamitäten nachträglich die Kranken tödten.

2. Nach Wildschaden. Ich habe nach Verbeissen der Kiefern durch Rothwild nur einige Male Rosetten erscheinen sehen. Dass sie hier überhaupt selten vorkommen, glaube ich noch wieder aus den negativen Ergebnissen meiner desfallsigen Nachsuchungen event. dem durch seinen Wildstand berühmten Reviere Gross-Schönebeck abnehmen zu dürfen. In Gesellschaft mehrerer, ebenfalls sorgfältig suchender Begleiter fand sich an den Orten, wo fortwährend Rothwild wechselt und verbeisst, nur eine einzige schwache Rosette. Auch hier würde sich wieder ein Grund finden lassen, nehmlich in dem frühen Verbeissen. Selten werden Kiefern, wenn sie schon treiben, vom Wilde angegriffen, und nur dann entsteht locale Saftstockung und in Folge derselben Rosettenbildung.

3. Nach Feuerschaden. Es dürften nur wenige Fälle der Art bekannt geworden sein. Am ausführlichsten ist der Melchower Fall (und zwar von mir in Pfeil's krit. Blätt. Bd. 39. Hft. 2. pag. 224—227) beschrieben und auch insofern verständlich, als hier eine Abbildung (von Dobbelstern gefertigt) geliefert werden konnte. Es kamen hier treibende Rosetten zur Reproduction. Das Feuer bewirkt gewiss nicht immer solche Ausschläge, denn ich habe mehrmals, wo es auf Culturen brannte, nach Rosetten vergebens gesucht, wohl aber andere interessante Erscheinungen dort wahrgenommen (Waldverderbniss, p. 70, 105). Einen früheren Fall beschreibt Th. Hartig (Convers.-Lexic. p. 946). Er spricht aber nur von Stockausschlag, ohne der Eigenthümlichkeit der Nadeln zu gedenken.

II. Rosetten entstehen auch ohne äussere Verletzung.

4. An Stelle von Johannistrieben. Ich habe sie erst kürzlich nachweisen können. Einer meiner Zuhörer, Herr Feldjäger Low, entdeckte sie auf einer Saat-Cultur beim benachbarten Dorfe Sommerfeld, und Herr Forsteleve von St. Paul malte die auf Taf. X. dargestellte Pflanze nach dem Leben. Später besuchte ich die Cultur selber und brachte einige Pflanzen nach dem Neustädter Forstgarten, um hier ihre fernere Entwickelung verfolgen zu können.

Den Haupttypus dieser Pflanzen zeigt die Abbildung, d. h. die

Mittelknospe bleibt zurück, ist also nicht proleptisch, während eine oder mehrere der seitlichen (Quirlknospen) schon im Entstehungsjahre (also im zweiten Jahre des Keimlingslebens, wenn dieser noch Primordialblätter am Stamme hat und eben die ersten Doppelnadeln, die hier ungewöhnlich lang sind, trägt) sich entwickeln. Abänderungen, welche ich an verschiedenen Pflanzen noch auffand, zeigen folgende Bildungen.

1) Die Rosetten sind länger (bis über 2″ lang) und tragen am Ende schon eine Spitzknospe, ohne dass aber Blattachselknospen zu bemerken wären.

2) Der eine oder andere Trieb zeigt nicht Breitnadeln, sondern gewöhnliche Doppelnadeln (Rundnadeln) mit schon vollständig ausgebildeten Quirlknospen.

Ueber die fernere Entwickelung dieser Pflanzen, die ich auch auf der Cultur selbst verfolgen werde, lässt sich noch nichts sagen. Meine Vermuthungen über die Entstehung dieser abnormen Kiefern sind folgende:

Die im Jahre 1864 ausgeführte Saat liegt auf freiem Felde. Wind und Regen hatten hier ungehinderten Zugang und wirkten doppelt nachtheilig, insofern die neben den Saatfurchen aufgeworfenen Balken ihren Sand in die Furchen ergossen und die Pflänzchen, als sie erst ein Jahr alt waren, halb verschütteten. Das Stämmchen des Jahres 1865 arbeitete sich mühsam aus dem nassen Sande hervor und trieb — wiederum durch ungewöhnlichen und localen Saftandrang gereizt — die sonderbaren Rosetten. Die Eigenthümlichkeit des Jahres 1865 kann darauf nicht gewirkt haben, denn ich habe mich später auf mehreren Culturen, wo zweijährige Kiefern gepflanzt wurden, überzeugen können, dass Johannistriebe, wie sie sonst einzeln vorkommen, (z. B. abgebildet auf Taf. 17 meiner „Waldverderbniss“), gerade im Jahre 1865 sehr selten gewesen sind. Für ungewöhnlichen Nahrungszufluss sprechen auch noch die kleinen Triebe, welche an ganz ungewöhnlichem Orte entstanden (s. Taf. X. am Wurzelknoten der Figur), vielleicht auch die Länge der Doppelnadeln.

Hier wäre auch eine sehr merkwürdige Pflanze zu erwähnen, welche gerade zur rechten Zeit kam, um hier noch aufgenommen zu werden. Sie steht in einem Blumentopfe, um womöglich fortzuwachsen. An ihr sind wenigstens 20 Rosetten um die Spitze der nur

2—3" langen Pflanze gruppirt, also ein wahrer Gipfelbesen! Diese Triebzahl lässt sich mit zweijähriger Zeit nicht recht vereinigen, sonst aber hat die Pflanze wohl das Aussehen einer zweijährigen. Dies scheint auch in der Beschreibung des Entdeckers dieses Prachtstückes, Herrn Forstcand. Auffm Ordt, angenommen zu sein. Ich lasse dieselbe mit seinen eigenen Worten folgen.

Die betreffende Kiefernpflanze stand auf dem Gute Schreibersdorf (in der Ober-Lausitz), welches 4 Meilen vom Riesengebirge entfernt ca. 600' über dem Meeresspiegel liegt. Daselbst stand sie auf einem frischen fruchtbaren Lehmboden, dessen Untergrund Schiefer ist, welcher aber durch wiederholtes Weghauen der Haidestreu (Erica vulg.), die hier ungemein üppig wächst, ganz humusarm ist. Diese Pflanze war unter einem 60jährigen Bestande, welcher, behufs Verjüngung mit Eichen, abgetrieben worden war, angeflogen, und um sie herum befand sich noch mehr ein- und zweijähriger Kiefernanflug.

Wegen des sehr schlechten Wildstandes ist ein Verbeissen der Pflanze wohl nicht wahrscheinlich, da sich auch keine andere etwa verbissene vorfand.

Wahrscheinlich haben sich aber hier schon häufiger derartige Abnormitäten eingefunden, da auf einer ca. 12jährigen Cultur in der Nähe desselben Ortes einige ältere (ca. 6—8) Kiefern, ca. 2' hoch, wohl einen ähnlichen Ursprung haben möchten, da sie, während die andern Kiefern schnell und üppig (mit 1—2' langen Trieben) aufgewachsen sind, stets ihre kuppelige Form bis jetzt beibehalten haben.

Mit Vergnügen folgte ich der Aufforderung meines sehr geschätzten Herrn Collegen, die morphologischen und anatomischen Verhältnisse der seinerseits in biologischer Hinsicht eben besprochenen Kiefer (Pinus silvestris L.) gleichfalls zu untersuchen, da deren genauere Kenntniss zur Aufklärung der Ursachen dieser interessanten Abnormität beitragen möchte.

Auffallend war an diesem merkwürdigen, von Parasiten oder mechanischen Verletzungen unberührten Exemplare (Taf. X.) die grosse Ueppigkeit und Vollsaftigkeit aller seiner Organe. Die nadelförmigen Blattpaare sind an ihm von ganz besonderer Länge und an dem etwa 4 Zoll langen Stämmchen haben sich eine Anzahl zerstreut stehender

Knospen entwickelt und auch zum Theil entfaltet, indem sie der noch geschlossenen Gipfelknospe (b) vorauseilten.

Diese ungewöhnlicher Weise entfalteten Knospen waren theils die unter der Gipfelknospe stehenden Astquirlknospen, neben welchen auch einige zwischen den paarig, selten zu dreien stehenden Nadeln befindlichen ruhenden Knospen (c) in gleicher Weise sich entwickelt hatten, und zu diesen gesellten sich einige, welche aus den Achseln der jetzt schon abgefallenen Primordialblätter (a) hervorgehen.*)

Ratzeburg unterscheidet bekanntlich in seinem durch die Reichhaltigkeit an neuen Beobachtungen und Ideen ebenso lehrreichen wie anregenden neuesten Werke „die Waldverderbniss“ zwei abnorme Sprossformen bei der Kiefer, „die Scheiden- und die Rosetten-Triebe“.**) Beide entstehen aus den durch die Entwickelung zweier nadelförmiger Blätter um ein Jahr den Gipfel- und Astquirlknospen vorausgeeilten Knospen. ***)

An der einen dieser Sprossformen, den Scheidenknospen, ist nicht nur ungewöhnlicher Weise die sonst stets unentwickelte Gipfelknospe dieser an sich schon proleptischen Kieferknospen als Verzweigung ersten Grades entwickelt, auch in der Achsel jedes der schuppenförmig gebliebenen Blätter dieses Triebes stehen wieder Verzweigungen zweiter Ordnung in Form der gewöhnlichen zweinadligen, von kleinen schuppenförmigen Blättern umscheideten Knospen.

Ratzeburg hat vielfältig diese Entwickelung nach Zerstörung der Gipfelknospe beobachtet und „Waldverderbniss Taf. 17 u. 23“ gezeichnet, Hartig sie durch Abschneiden der Stammspitze unter dem letzten oder vorletzten Astquirl künstlich hervorgerufen.

An der vorliegenden Pflanze findet sich nicht diese, sondern nur

---

*) An andern Exemplaren hatten auch aus den Achseln der Cotyledonen sich diese von Nördlinger (Krit. Bl. 46, 203) Grundsprösslinge genannten Zweige entwickelt.

**) Die Rosettentriebe entstehen gleichfalls aus einer umscheideten Knospe, da sowohl die paarig oder bäschelig beisammen stehenden nadelförmigen Blätter als auch die Gipfel- und Quirlknospen, aus denen sie entstehen können, von einer aus schuppenförmig gestalteten Knospendeckblättern gebildeten Knospendecke am Grunde scheidig umgeben sind.

***) Auch von diesen Gipfel- oder Spitz-Knospen beschreibt Ratzeburg eine monströse Entwickelung, die er Pinseltrieb nennt (Taf. VI. b.), gleichfalls entstanden in Folge von Verletzungen.

die zweite von Ratzeburg passend mit dem Keimlingszustande der Kiefer verglichene, Rosettentrieb genannte Sprossform.

Diese Triebe entwickelten sich nicht nur aus den im normalen Verlaufe des Vegetationsprocesses der Kiefer nie zur Entfaltung kommenden proleptischen Knospen, sondern auch aus den im normalen Verlaufe nur schuppenartige Blätter an ihrem Achsentheile tragenden Quirlastknospen und aus den jenen gleichgeformten in den Achseln der Primordialblätter und Cotyledonen entstehenden Knospen, wie es an dem Taf. X. gezeichneten Exemplare vorliegt. Auch sie sind wie die Scheidentriebe besonders häufig nach Verletzung der oberen Stammtheile beobachtet worden, unterscheiden sich jedoch von denselben dadurch, dass nicht der Stengel, sondern vorzugsweise die Blätter zur Entwickelung kommen, nämlich nicht als die braunen trockenhäutigen Schuppen, sondern als parenchymatische, Chlorophyll führende, mit Spaltöffnungen versehene Blätter. Dagegen entbehren sie der in den Achseln der braunen Schuppen sich vorzeitig entwickelnden, ein Blattpaar tragenden Triebe, da dieselben in der Achsel dieser „Breitblätter“ in ihrem jüngsten cambialen, mikroskopisch kleinen Zustande verbleiben, um in der Regel erst in der folgenden Vegetationsperiode zur Entwickelung zu gelangen.

Die anatomische Untersuchung dieser beiden Blattformen, der braunen schuppenartigen und der bei den Rosettentrieben an ihrer Stelle sich findenden grünen blattartigen, ergiebt, dass letztere eine Uebergangsform von jenen braunen Schuppen, — deren äusserste, unterste an jeder Knospe die Function der Knospendeckschuppen (ramenta) übernehmen und keine Achselknospe bergen — zu den entwickelten halbstielrunden nadelförmigen „Rundblättern“ sind etc.

Das flache, scharf gesägt-gezähnte Blatt der Rosettentriebe besteht ähnlich wie das normale (pag. 52 anatomisch beschriebene und Taf. VI. und VII. bildlich dargestellte) aus einer Epidermiszellenschicht, welche innen stets von einer zweiten aus ähnlich geformten Zellen bestehenden mehr oder minder continuirlich bedeckt ist (Taf. X. 2). Die Zellen beider Schichten sind vertical langgestreckt und, besonders die inneren mehr oder minder cylindrisch, ziemlich stark verdickt, letztere fast bastzellenartig. Den mittleren Theil des vollkommen entwickelten nadelförmigen Blattes nehmen zwei von einander entfernte Gefässbündel ein, welche durch Holzzellen mit einander zu einem

Holzbündel verbunden und an ihrer unteren Seite von einer Bastfaserschicht bedeckt sind, rings umgeben von einer ziemlich umfangreichen Gewebeschicht vertical gestreckter, getüpfelter, Amylum bildender Zellen.*)

Ein sehr ähnliches Gefüge hat der mittlere Theil des Rosettenblattes, nur dass hier die beiden Gefässbündel (2. a. a.) so nahe beisammen stehen, dass sie, nur durch eine Zellenschicht getrennt, fast zu einem Bündel verschmolzen sind, indem das Holz- und das Bast-Gewebe nur durch einzelne Zellen angedeutet ist, das aus getüpfelten Zellen bestehende Gewebe aber auch hier das centrale Holzbündel umgiebt (2. b.). Den Zwischenraum zwischen Epidermal- und Holzsystem nimmt das Chlorophyll enthaltende Parenchym ein;**) es besteht dies hier wie dort aus vertical übereinanderliegenden Schichten grosser, vertical tief gefalteter, in radialer, nicht in verticaler Richtung zusammenhängender Zellen, die, wenn das Blatt etwas trocken wird und die Parenchymzellen zusammenfallen, durch bedeutende Zwischenräume von einander getrennt sind. In diesem Parenchyme findet sich unterseits des Holzbündels unmittelbar unter den Epidermalschichten jederseits ein weites, von nicht sehr dickwandigen Zellen umgebenes Harzgefäss, während in dem Nadelblatte sich ringsum 8 bis 10 solcher Harzgefässe in der entsprechenden Gegend vorfinden, deren einzige oder äussere Zellenschicht aus stark verdickten Bastzellen besteht.

Es ist demnach das Rosettenblatt hinsichts des fast fehlenden Bast- und Holzgewebes und der geringen Anzahl von Harzgefässen weniger vollkommen entwickelt als das Nadelblatt. Beide Blattformen werden von den Gefässbündeln der ganzen Länge nach durchzogen.

*) Die grossen dickwandigen Tüpfelzellchen dieses Zellgewebes lassen es besonders deutlich erkennen, dass sie mit eigenthümlichen Wandungen versehen sind und weder die Schleiden'sche noch die Schacht'sche Entstehungsgeschichte haben: dass sie vielmehr, wie ich dies schon früher aussprach, in der Entwickelung unterdrückte Gewebezellen sind. Sie finden sich im Coniferenholze neben und auch an Stelle der Markstrahlenzellen, d. h. desjenigen Gewebes, welches die Säftecommunication zwischen Mark und Rinde im Stengel vermittelt und im Blatte durch dies tüpfelreiche zwischen Holz und Parenchym liegende Gewebe vertreten ist. Ges. Beiträge, pag. 177.

**) Dass weder in diesem Parenchym noch in den getüpfelten Zellen Amylum gefunden wurde, welches sich doch sonst in den jährigen Kiefernblättern noch findet, war vielleicht verursacht durch den längeren Aufenthalt der jungen Pflanze in reinem Wasser während der Aufbewahrung im Zimmer.

Viel bedeutender ist die Verschiedenheit der anatomischen Structur des Rosettenblattes von dem braunen, häutigen, schuppenförmigen Blatte der normal entwickelten Triebe. Hier endet das Gefässsystem in dem sogenannten Blattkissen im Grunde des hier noch parenchymatischen Blattes, welches in die concave Basis (X. 4) des aus dickwandigen Zellen bestehenden, spaltöffnungslosen, schuppenartigen Blattes hineinragt, dessen Rand zarthäutig und zerschlitzt ist. Die Zellen dieses Blattes sind in der Art verdickt, dass ihr geringer Hohlraum bei denen, welche das die untere Oberfläche bildende Cylinderepithelium zusammensetzt, so wie an den nächst inneren etwas vertical gestreckten cylindrischen Zellenschichten und an denen ähnlich geformten, welche die Blattoberfläche bilden, an der Seite der mittleren Zellenschichten des Blattes liegt. Die Zellen dieses mittleren meist nur aus zwei Schichten bestehenden Gewebes sind weniger dickwandig, etwas langgestreckt, breiter wie hoch. An der oberen Grenze dieser mittleren Schicht finden sich drei verticale Reihen sehr weiter, zartwandiger, langgestreckter, mit Balsam erfüllter Zellen, an Stelle der Gefässe, zuweilen wie die Gefässe von engen Zellen umgeben, oft ohne diese.*) Die übrigen dickwandigen Zellen enthalten keine Absonderungsstoffe (X. 5).

Diese schuppenförmigen Blätter — welche sich immer mit der Anlage der Knospen für den künftigjährigen Trieb gegen das Ende einer jeden Vegetationsperiode als Hülle dieser nach dem Verbrauche der Nahrungsflüssigkeit ruhenden Gipfelknospe entfalten —, sind also die an Secretionsstoffen ärmsten Blattorgane der Kiefer. — Die unter ihrem Schutze überwinternden und den neuen Saftzufluss erwartenden Blattanlagen der Knospen finden wir in der folgenden Vegetationsperiode mehr oder minder vollständig entwickelt, entweder wie gewöhnlich zu den braunen trockenhäutigen schuppenförmigen Blättern mit entwickelter Achselknospe aus normalen an Nahrungsstoffen reicheren Nadelblättern oder zu den Absonderungsstoffen ärmeren Rosettenblättern mit unentwickelten Achselknospen; ohne Zweifel je nach der

*) Schon in meiner Untersuchung über die Palmen etc., 1847 Gesammelte Beiträge (pag. 176. 191.), habe ich es nachgewiesen, dass auch bei Podocarpus die Harzcanäle, sowie bei den Farnen etc. (pag. 173. 111.) die Gummicanäle durch einfache Zellenreihen oder durch Verschmelzung derselben entstandene Saftgefässe, als Grundlage und Anfang dieser Harz- und Gummi-Canäle, vertreten werden.

Natur des ihr beim Beginn der neuen Vegetationsperiode zufliessenden Nahrungssaftes.

Da uns die Zusammensetzung dieses Nahrungssaftes und der Zusammenhang dieser Organisationsverhältnisse noch so unvollkommen bekannt ist, bleibt freilich die Zergliederung der Ursachen zur Zeit noch unmöglich, weshalb das Verhältniss der Entfaltung der Organe sich umkehrt: d. h. weshalb anstatt der im normalen Verlaufe in den Achseln der im Knospenzustande verbleibenden Blätter sich vorzeitig entwickelnden und entfaltenden Knospen im vorliegenden Falle die Stützblätter selbst ungewöhnlich heranwachsen, die Knospen dagegen unentwickelt bleiben.

Auch im regelmässigen Entwickelungsgange findet sich sowohl bei der Kiefer wie bei deren nächsten Verwandten, den Pinus-Arten, das normal schuppenartige, mit entwickelter Achselknospe versehene Stützblatt oft vertreten durch das eine schlummernde Achselknospe stützende „Breitblatt".

Schon Richard (Mém. sur les Conif.) und Henry (Nat. Act. Leop. Carol.) erinnern daran, dass die braunen, trockenhäutigen, schuppenförmigen Blätter, aus deren Achsel die proleptischen Kieferknospen entspringen, sich als grüngefärbte Blättchen an den ein- oder zweijährigen Kiefern vorfinden.

Henry führt besonders P. Sabiniana an als eine Art, bei der man an jungen Individuen regelmässig entwickelte Blätter mit schuppenförmigen wechselnd finde.

Ratzeburg zeichnet auf seiner ersten Tafel der „Waldverderbniss" eine sechsjährige Pinie, bei der erst an den jüngsten Stammtrieben die Entwickelung der proleptischen Knospen aus der Achsel von Schuppen sich eingestellt haben, die bis dahin grün und blattartig aber ohne Achselknospe an Stamm und Aesten vorkamen.

Henry giebt an, dass bei P. longifolia ein Streben zu höherer Entwickelung der Schuppen vorherrsche, indem dieselben grösser werden und die grüne Farbe annehmen. An grösseren Bäumen finde man zuweilen einzelne Zweige, an denen die Blattbildung hervor- und die Nadelbildung zurücktrete. Die Umstände, unter denen eine solche Umwandlung vorkommt, werden nicht angegeben.

Beide Formen von Sprossen, die sogleich Knospen hervorbringenden Scheidentriebe, wie die mit unentwickelten Knospen versehenen

Rosettentriebe werden, nach den Beobachtungen Ratzeburg's durch äussere Schädlichkeiten, besonders durch Verletzung und Zerstörung der Blatt- und Stengelorgane der Kiefer, hervorgerufen.

Nördlinger scheint beide Zweigformen nebeneinander an dreijährigen Kiefern beobachtet zu haben, die bis auf wenige Linien über den Cotyledonen am 2. März abgebrannt und darauf an diesem Stammrestchen noch wieder Knospen mit einfachen Nadeln entwickelt hatten, in deren Achsel Nadelpaare oder Nadelbüschel (Rosettentriebe?) und auch Scheidenknospen standen.

Es erinnert dieser von Nördlinger an einer ganzen Schonung beobachtete Fall an den von Ratzeburg (Krit. Bl., Bd. 39) beschriebenen und abgebildeten, wo gleichfalls in einer im Frühlinge abgebrannten Schonung eine grosse Anzahl besonders die kleineren Individuen aus den Primordialblättern Rosetten entwickelt hatten, die im folgenden Jahre aus vielen ihrer Blattachseln Scheidenknospen trieben.

Bei jungen Kiefern ereignet sich diese Entwickelung von Rosettentrieben aus den Grundschösslingen nach Analogie vieler anderer Pinus-Arten. Noch auffälliger und merkwürdiger sind dieselben an alten Stämmen, wo sie nach der Verletzung ihrer Blätter und Triebe von Ratzeburg häufig beobachtet wurden, während an derselben Pflanze in anderen Fällen nach ähnlichen äusseren Verletzungen Scheidentriebe, und zwar diese noch häufiger entstehen.

Fassen wir zur Beurtheilung der Entstehungsursachen dieser beiden verschiedenen Sprossformen die Wirkungsweise der Kiefernraupen in's Auge, deren gefrässigste der Spinner (Bombyx Pini) ist, dem jedoch die Eule (Noctua piniperda) und der Spanner (Geometra piniaria) an Gefährlichkeit wenig nachstehen.

Die Raupen dieser drei Schmetterlinge entlauben nicht selten ganze Forsten; sie unterscheiden sich aber einmal durch die Zeit ihres Auftretens, zweitens durch die Art des Angriffes auf die Kiefer von einander.

Der Spinner nämlich zerstört nicht nur die erwachsenen Blätter, sondern auch die meistens noch in der Winterruhe schlummernden Gipfel- und Quirlknospen (Spitzknospen); diejenigen, welche seinem ersten Angriffe entgehen, unterliegen häufig im Mai, während ihrer Entfaltung, seiner Gefrässigkeit. Sein Frass beginnt im Wipfel der Kiefer, woselbst die Eier abgelegt werden, und zwar, was von beson-

derer Wichtigkeit ist, schon im März und dauert bis zum Mai und Anfang Juni.

Anders verhält es sich mit der Eule und besonders mit dem Spanner. Beide beginnen später ihre Wanderung auf die Kiefer: erstere befällt erst im Mai die eben sich entfaltenden Knospen, in welche sich die jungen Räupchen einbohren, um darauf die erwachsenen Nadeln zu verzehren, letztere entschlüpft erst im Juli dem Ei und beginnt die Kiefer von unten nach oben von ihren schon erwachsenen Blättern zu entlauben, was auch im Allgemeinen die Eule ebenso macht.

Zur Zeit des beginnenden Spinnerfrasses (März) sind die Säfte, welche die Gewebe des Stammes tränken, wohl nur fähig, die Entfaltung der schon im Herbst angelegten und unter dem Schutze ihrer schuppenförmigen Deckblätter im cambialen Zustande ruhenden Knospen zu bewirken: während zu der einige Monate später (Mai) eintretenden Zeit der Verletzung der Gipfelknospen durch die Eule auch die jungen Blätter neben denen der früheren Jahre schon ihre Function begonnen hatten und durch Aufnahme der atmosphärischen Pflanzennährstoffe die für das Wachsthum der Zellen dienende Nahrungsflüssigkeit so veränderten, dass dieselbe auch zur Bildung neuer Organe verwendet werden kann.

Je nachdem sich nun die eine oder die andere dieser minder oder mehr complexen Nahrungssäfte in der Pflanze anhäuft, werden sie vorzugsweise nur zur Entfaltung der schon im cambialen Zustande in den vorjährigen ruhenden Knospen vorhandenen Blätter oder, wie nach dem Eulenfrasse, auch zur Entwickelung der Achselknospen derselben dienen können.

Diese von dem Raupenfrasse entnommenen Andeutungen geben uns nun wohl Winke an die Hand, worauf bei der Erklärung der Entstehung von Rosetten an den Keimpflänzchen die Beobachtung gerichtet werden muss; die charakteristische Unterdrückung der Gipfelknospe bei diesen Pflänzchen ist gewiss von der grössten Bedeutung, doch ist deren Ursache an den wenigen seit längerer Zeit dem Boden entnommenen und in Wasser feucht erhaltenen Exemplaren, die ich zu beobachten Gelegenheit hatte, noch nicht ergründet worden, da ich die Braunfärbung des parenchymatischen Gewebes dieser Gipfelknospe als Folge des nachträglichen Eintrocknens betrachten zu müssen

glaubte. Vielleicht liegt die erste Veranlassung in irgend einer der Wurzel beim Verpflanzen widerfahrenen Schädlichkeit, zu deren Ausgleichung die Stickstoffverbindungen des Nahrungssaftes verbraucht wurden, oder wie bei dem vorliegenden Exemplare, nach den oben pag. 150 mitgetheilten Beobachtungen Ratzeburg's, in der längere Zeit dauernden Verschüttung durch genässten Sand, der die theils farblosen Blätter an ihren Functionen hinderte.

Erklärung der Abbildungen Taf. X.

1. Das oben beschriebene mit Rosettentrieben versehene Pflänzchen von Pinus silvestris L. a. Achselknospe der Primordialblätter; b. die ruhende oder verkümmerte Gipfelknospe; c. Rosettenknospe aus der zwischen den nadelförmigen Blättern ruhenden Knospe hervorgehend; d. Narben der Cotyledonen.
2. Querschnitt durch ein Rosettenblatt, vergrössert; a. a. Gefässbündel; b. getüpfelte Zellen.
3. Längenschnitt durch den Rosettentrieb.
4. Längenschnitt durch die normale Knospe.
5. Querschnitt durch die obere Hälfte eines Schuppenblattes.

Zur Befruchtung der Pilze.

Von

H. Karsten.

(Hierzu Taf. IX. 7—13.)

Meine Beobachtungen über die Entwickelung des Apothecium's von Coenogonium*) leiteten mich sogleich auf die naheliegende Vermuthung eines analogen Vorganges in der Fruchtbildung der Pilze.

Die Flechtenfrucht, das Coenogonium-Apothecium mit allen seinen eine Hymenialschicht bildenden Sporenschläuchen und Paraphysen, sah ich aus einer einzigen Zelle sich entwickeln, und zwar aus dieser, — einer Gonidienzelle gleichwerthigen Zelle —, nach vorgängiger Verwachsung und wie es schien nach Vermischung ihres Inhaltes mit demjenigen eines Astes der Rindenzellen, der sich enge an ihre mit porös verdünnten Stellen versehene Oberfläche anlegte. (S. o. pag 91. V. 1. 3.)

Es entstand unmittelbar die Frage, ob nicht die z. Th. höchst ähnlich gebaute Frucht der Discomyceten, sowie die der übrigen verwandten Schlauchpilze, ja selbst diejenige der Hymenomyceten in Folge eines ähnlichen Copulationsprocesses entstanden seien.**) Die Bestätigung dieser Idee würde zu einfachen Gesetzen über die Vermeh-

---

*) Das Geschlechtsleben der Pflanzen und die Parthenogenesis 1860 und Gesammelte Beiträge pag. 317.

**) Gesammelte Beiträge pag. 341.

rung der Pflanzen führen, die in folgender Weise ausgesprochen werden könnten:

1. Die typische Form jeder wirklichen Pflanzenart wird durch geschlechtlich erzeugte Keime (Samen) fortgepflanzt und erhalten.

2. Während sich die befruchtete Keimzelle bei den Phanerogamen zu einem gewöhnlich in seinen Hüllen mehr oder minder lange ruhenden, bei den Gefässkryptogamen sofort sich entwickelnden Keimlinge entfaltet: bildet sich dieselbe bei den Zellenkryptogamen zu einer meistens zusammengesetzten, zahlreiche Samen enthaltenden Frucht aus.*)

Für die Vermuthung, dass auch bei den übrigen zusammengesetzten Früchten der Flechten und Pilze die freilich erst durch dies eine Beispiel nachgewiesene Entwickelung der Flechtenfrucht stattfände, spricht die analoge Entwickelung der Früchte der beblätterten Zellenkryptogamen.

So wie sich bei Moosen und Lebermoosen die in dem Archegonium enthaltene Keimzelle nach ihrer in gleicher Weise wie bei den Gefässkryptogamen erfolgenden Befruchtung durch Antherozoiden, zu einer grossen Anzahl von Samen vervielfältigt und überdies zu einer in so mannigfaltigen Modificationen gebauten Hülle für diese Samen sich entwickelt, dass dieselbe bis vor Kurzem fast ausschliesslich für die Classification dieser Gewächse benutzt werden konnte: so wächst, falls sich das an Coenogonium gewonnene Resultat auch für die übrigen Flechten und Pilze bestätigt, auch die befruchtete Keimzelle dieser zu einer complicirt gebauten Frucht heran, die meist zahllosen Samen als Hülle dient, und die auch hier in so mannigfaltiger Form auftritt, dass sich die Systematik gleichfalls ihrer zur Anordnung der Pilze in Gattungen und Familien bediente.

In der Mitte zwischen diesen beiden ihrer Gewebe- und Fruchtbildung entsprechend aufgestellten grossen Abtheilungen der Kryptogamen, den Gefäss- und Zellenkryptogamen, würden, wie es scheint, die seither hinsichts ihrer Fruchtentwickelung gleichfalls noch wenig genau gekannten Algen ihren Platz einnehmen.

Zur Prüfung dieser Ideen unternahm ich sogleich nach Abschluss der Coenogonienuntersuchung die Zergliederung und Beobachtung der Entwickelungs-Geschichte von Pilzfrüchten; doch diese in ihren

*) Das Geschlechtsleben der Pfl. und die Parthenogenesis. Ges. Beiträge pag. 340.

jüngsten Entwickelungsstufen wegen ihrer grossen Weichheit dem Messer, sich widersetzenden, und durch das Anhaften von Luft in alle die grossen Zwischenräume ihres lockeren Gewebes undurchsichtigen Organe setzen dem Anatomen noch grössere Schwierigkeiten entgegen, wie die allein nur wegen ihrer Kleinheit in ihrer ersten Entwickelungsperiode so schwierig zu zerlegende Flechtenfrucht, dass es mehreren jüngeren Schriftstellern nach mir nicht gelingen wollte, diese Operation auszuführen.

Bei Agaricus campestris L. fand ich, indem ich von den mit Sicherheit als jüngste Zustände des Hutes zu erkennenden Formen zu immer kleineren zurückging, ein Organ, welches ich wegen seiner eigenthümlichen Form und Beschaffenheit für den ersten Anfang der Frucht nehmen zu müssen glaubte. Es war dies eine ovale, fast eiförmige einfache Zelle auf einem kurzen Stiele von der Dicke des Myceliumfadens stehend, von 3—4fachem Durchmesser desselben, angefüllt mit eiweissartigem Stoffe und überwuchert von anfangs einzelnen Fäden des Pilzmyceliums, die fortwährend an Zahl zunehmen und endlich eine dicke Rinde (Peridie, velum) über die inzwischen sich vergrössernde centrale Eizelle bilden.*)

Ein ähnliches Organ fand, nach Bary's Mittheilung, kürzlich Oerstedt an dem Mycelium einer andern Species dieser Gattung; nämlich an A. variabilis. Auch dieser fähige Beobachter berichtet von länglichnierenförmigen gestielten Zellen, eiweissartiges Plasma und, wie es schien, eine Kernzelle enthaltend. Neben diesen den weiblichen Organen gleichwerthig gehaltenen Zellen fand Oerstedt fadenförmige Organe, deren Enden dieser Zelle meistens abgewendet, selten ihr angeschmiegt waren; diese Zellen schienen Oerstedt die Function der Antheren ausführen zu können. Ohne weitere bemerkbare Veränderungen wird später die Eizelle von einem Geflecht von Myceliumfäden umsponnen, welche aus dem sie tragenden Aste entspringen, wodurch die Anlage des Hutes entsteht.

Dieses Ergebniss harmonirt einigermassen mit meiner eben erwähnten, durch die Beobachtung der Entwickelung der Coenogonienfrucht gewonnenen Ansicht und entspricht sowohl meiner oben mitgetheilten Erfahrung über A. campestris L. als auch denen, die ich seitdem

*) Gesammelte Beiträge pag. 344.

an A. vaginatus Bull. zu machen Gelegenheit hatte. Freilich gehen dieselben nur einen Schritt weiter gehen in der Aufklärung dieses schwierigen Gegenstandes, aber eben wegen unserer völligen Unbekanntschaft mit den ersten Entwickelungszuständen der Pilzfrüchte mögen sie es dennoch verdienen hier, um zur weiteren Verfolgung des Gegenstandes anzuregen, mitgetheilt zu werden.

Ich nahm zur Wiederholung dieser Beobachtungen den A. vaginatus, weil er wegen seiner glatten Myceliumfäden sich mir besser für diese Beobachtungen zu eignen schien, wie A. campestris.

Auch an dem Mycelium dieses Agaricus fand ich, von den entwickelten Früchten zu immer jüngeren Zuständen zurückgehend, als erste Andeutung und Anfang des Hutes einfache Zellen von oblonger Form, anfangs kurz, später länger gestielt, von 1—5mal grösserer Breite als die Myceliumfäden, mit einem trüben eiweissartigen (nicht glänzenden wie bei A. campestris) Inhalte, in dessen Mittelpunkte eine mit etwas hellerer Flüssigkeit erfüllte Kernzelle zu erkennen war. Die Stiele waren sowohl von der erweiterten Endzelle, wie auch von dem Myceliumfaden durch eine Scheidewand abgegrenzt. Einmal fand ich zwei solcher Zellen neben einander, beide noch ziemlich kurz gestielt und ohne andere Aeste in ihrer Nähe (Fig. 7.). Dass diese Körper nicht etwa parasitische Gebilde, sondern Organe des Pilzes selbst seien, lehrte die Continuität dieser Aeste und ihre ganz ähnliche Structur mit denen des ganz in ihrer Nähe mit Fruchtanfängen besetzten Myceliumfadens, dem sie entsprangen: dass sie nicht für Knospenzellen (gonidien) oder sogenannte Spermatien gehalten werden dürfen, dass sie vielmehr die Anfänge der Pilzfrucht sind, dafür sprechen überdies ihre späteren Entwickelungszustände.

Aehnliche aber schon etwas länger gestielte ovale Zellen hatten nämlich neben sich eine cylindrische, gleichfalls aus dem Mycelium entsprossene, die Myceliumfäden nur wenig an Dicke übertreffende Zelle.

Wie ich annehme, würden solche cylindrischen Zellen auch neben jeder der beiden Fig. 7. gezeichneten noch hervorgesprosst sein, wenn dieselben etwas älter geworden wären.

Einmal fand ich nun diesen cylindrischen aus zwei Zellen bestehenden, die ovale Endzelle des zuerstentstandenen Fadens etwas an Länge übertreffenden Faden eng an diese angelegt, in seiner oberen Zelle eine trübe körnige Flüssigkeit enthaltend (Taf. IX., Fig. 8.).

Die ovale Zelle war jetzt nicht mit einem so gleichförmigen Inhalte wie in jüngeren Zuständen angefüllt, sondern mit einem blasig-schaumig aussehenden, der sich nach der Seite der Zelle, welche den benachbarten Faden berührte, hinübergezogen hatte, so dass an der diesem Faden entgegengesetzten Seite ein von dem eiweissartigen Inhalte freier, nur mit wässriger Flüssigkeit erfüllter Saum in dieser Zelle sich befand.

Das Bemerkenswertheste an diesem Objecte war mir der Umstand, dass die ovale Endzelle des erstentstandenen Astes an der Berührungsstelle mit der oberen cylindrischen Endzelle des später entstandenen Astes in diese wie hineingedrückt zu sein schien, und auch beim Bewegen und Zerren, wodurch die Spitze dieses letzteren fadenförmigen Astes abgerissen wurde, sich nicht von demselben trennte, augenscheinlich mit ihm an dieser Berührungsstelle verwachsen war.

Ein solches Verwachsensein zweier benachbarten Myceliumfäden ist bei diesem Pilze etwas ganz Ungewöhnliches, dürfte daher auf aussergewöhnliche Beziehungen dieser beiden verwachsenen Aeste zu einander zu deuten sein.

Ueberdies hatte diese Verwachsungsstelle auch eine andere Structur wie die übrige Wandung dieser beiden Aeste. Denn während im Uebrigen die Häute dieser beiden Astzellen von denen der Myceliumfäden keinen Unterschied erkennen liessen -- ausser vielleicht eine etwas grössere Zartheit der Wandung der ovalen Zelle — so war diese Berührungs- und Verwachsungsstelle fast etwas dickwandiger, trüber, rauh und, so weit es bei der für die Anschauung nicht ganz günstigen Seitenlage beurtheilt werden konnte, den fein porösen Siebwandungen ähnlich.

Der durch Zerreissen der Endzelle dieses Astes hervorgequollene, mit dem Wasser, in welchem das Object lag, vermischte trübe körnige Inhalt liess kleine, längliche, mit klarem Inhalte gefüllte Zellchen erkennen, die, wie mir es schien, die kleinen, dunklen, körnchengleichen Körperchen des Zelleninhaltes sind, welche in Folge von Endosmose des Wassers, in welchem sie schwammen, sich so weit ausdehnten und überdies klarer erkannt werden konnten, wie innerhalb ihrer Mutterzelle eingebettet im trüben Zellsafte.

An dem unteren Theile beider Aeste, des cylindrischen sowohl

wie des die oblonge Endzelle tragenden, waren Verzweigungen hervorgesprosst (Fig. 8.).

Aehnliche Verzweigungen fanden sich an anderen in grösserer Menge; sie krümmten sich über die inzwischen grösser gewordene oblonge Endzelle und entzogen diese der Beobachtung gänzlich, nicht allein durch ihre eigenen Körper, sondern auch besonders dadurch, dass sich zwischen ihnen bald eine Menge in Wasser nicht löslicher Luft ansammelt.

Nicht immer waren aber diese beiden Zellen in diesem Entwickelungszustande noch durch ihr unverhülltes unteres Ende so deutlich wahrzunehmen, wie in dem Fig. 9. gezeichneten Falle; gewöhnlich sass der Fruchtanfang schon, wenn er diese geringe Grösse erlangt und eine mehr oder minder kuglige Form angenommen hatte, dem Myceliumfaden unmittelbar auf.

Einige Male erkannte ich zwischen diesen Myceliumfäden nach Entfernung der Luft durch die Luftpumpe den Scheitel einer einfachen zartwandigen Zelle, etwa von doppelter Grösse der noch freien ovalen Astzelle. Zweimal gelang es mir, die Zelle theilweise von den sie umhüllenden Fäden zu isoliren, d. h. den oberen, zwei Drittel der ganzen Zelle umfassenden Theil von letzteren zu trennen, das untere Drittel war jedesmal so mit den hier dichter neben einander liegenden Fäden verwachsen, dass es mit denselben vereinigt blieb (Fig. 10.). Die sehr zarte Haut war etwas faltig und zerknittert; ein zelliger Inhalt war in beiden Fällen nicht zu erkennen, sondern nur eine Bedeckung der inneren Oberfläche durch eine unregelmässig gefelderte gelbliche Plasmasubstanz. Es musste zweifelhaft bleiben, ob dieser Wandbeleg ein früheres Vorhandensein von zarten endogenen Zellen andeutete, die etwa durch das in die grosse Mutterzelle eindringende Wasser collabirt und an die Wandung derselben gedrängt waren.

An etwas weiter entwickelten Fruchtanfängen (Fig. 11. 12. 13.) ist es mir nicht mehr gelungen, durch Präpariren mit den Nadeln, die bis dahin fast centrale, von unten herauf von Myceliumfäden überwucherte Zelle frei zu legen, oder eine Andeutung derselben wahrzunehmen.

Ebensowenig gab die anatomische Zerlegung mit Hülfe des Messers ein genügendes Ergebniss für eine klare Vorstellung von dem ferneren Entwickelungsgange der — wie es nach Analogie mit Coenogonium

scheint — befruchteten Eizelle.*) Nur soviel konnte ich daraus entnehmen, dass die äusserste über die centrale Zelle sich bildende Hülle von Myceliumfäden, der äusseren Rindenschicht des Coenogonium-apothecium vergleichbar, die allgemeine Hülle (das velum universale) des Agaricus vaginatus wird; dass ferner mit der ersten Entwickelung der bald kuglig geformten jungen Frucht, durch die sich vermehrenden und verfilzenden Myceliumfäden, vorzugsweise der unter der Eizelle befindliche, zum Stiel der sich entwickelnden Frucht bestimmte Theil sich hervorbildet und dass die grösste Plasmahäufung in den auch hier vorhandenen gestreckten Zellen gefunden wird, daher wahrscheinlich die regste Neubildung von Zellen anfangs an der Spitze dieses unter der allgemeinen Hülle befindlichen Stieltheiles, bald etwas unterhalb der Spitze desselben stattfindet.

Ob diese cambiale Gewebeschicht etwa wie beim Coenogonium aus der Kernzelle entstanden ist, welche in der Eizelle enthalten war, diese Frage ist bis jetzt noch nicht mit Sicherheit, wenn auch höchst wahrscheinlich bejahend, zu beantworten.

Verhält es sich in dieser Weise mit der Fruchtentwickelung der Hymenomyceten, so finden bei diesen folgende Unterschiede von der des Coenogonium statt:

Bei dem Apothecium dieser Flechte — welches bis zu seiner Oeff-

---

*) Haben wir die Entwickelung der Pilzfrucht als eine Folge des Zusammenwirkens der oben beschriebenen beiden Zellen zu betrachten, also einen der Wirkung des Pollens auf den Embryosack analogen, als geschlechtlich bezeichneten Process in demselben zu erkennen, so hat die ovale gestielte Mutterzelle der Pilzfrucht die Bedeutung des Ovulums der Phanerogamen sowie des Archegoniums der Kryptogamen und ist zu vergleichen einem nackten Eikerne oder der Centralzelle des Archegoniums, welche schon bei den Algen meistens hüllenlos vorkommt. Deshalb ist diese Urmutterzelle der Pilzfrucht, wenn man ihr nicht die allgemeine Bezeichnung „Eizelle“ vindiciren will, Archegonium zu nennen, oder vielmehr zum Unterschiede von dem durch eine einfache Zellenschicht verhüllten „nacktes Archegonium“, wie ich oben pag. 91 erörterte.

Wegen der fehlenden Hülle diesem Organe den eigenthümlichen neuen Namen „Oogonium“ zu geben, ist ebenso überflüssig und daher unwissenschaftlich, wie wenn man den nackten Eikern anders benennen wollte, wie den mit einer Hülle — und diesen wieder anders, wie den mit mehreren Hüllen versehenen.

Wer würde es heute noch billigen, wenn Jemand das einfache schuppenförmige Blatt der Moose anders benennen wollte, wie das lineälische Grasblatt oder wie das einfache gestielte Blatt einer Myrte, und dies wieder anders, wie das mit Nebenblättern versehene zusammengesetzte der Leguminosen etc.?

nung am Scheitel und seiner Ausbreitung zu einer fast flachen, die Schlauchschicht (hymenium) tragenden Scheibe gleichfalls einen kugligen ringsum geschlossenen Körper darstellt befinden sich die in der befruchteten Centralzelle des nackten Archegoniums entstandenen neuen Generationen, welche endlich schon die Sporen als letztes Glied dieser Reihe von Zellenentwickelungen enthalten, im Centrum der jungen Frucht so nebeneinander gelagert, dass alle Sporenschläuche in radialer Richtung liegen (s. oben pag. 91. V. 4.).

Jeder einzelne dieser vielzählig aus der befruchteten Flechten-Keimzelle entstandenen Schläuche verwächst an seiner bis dahin peripherisch gelegenen Basis mit dem Gewebe seiner Mutterpflanze in ähnlicher Weise, wie die befruchtete Keimzelle der beblätterten Kryptogamen, und hier insbesondere vergleichbar diejenige der Moose, mit ihrem unteren Ende in das die Nahrungsflüssigkeit zuführende Gewebe der Mutterpflanze hineinwächst und mit demselben mehr oder minder innig verwächst (s. oben pag. 92. VI. 2. c. und 3. pag. 94. VII. 5 und 8.). Durch die später erfolgende Oeffnung und Ausbreitung der jungen Fruchtanlage werden die bis dahin in ihrem Centrum beisammenliegenden Spitzen der Sporenschläuche und Paraphysen die äusserste obere Fläche derselben (pag. 91. V. 5. 6. 9.).

Wenn ich nicht sehr irre, findet sich dies Verhältniss in zunächst entsprechender Weise bei den mit einer Mittelsäule versehenen Früchten der Lebermoose wieder, indem auch hier wenigstens die den Paraphysen organologisch zu vergleichenden Schleuderzellen mit ihrem Ende bis zum Oeffnen der Frucht der Columella, dort wo diese vorhanden, angewachsen sind, welche der Apothecienmarkschicht wohl vergleichbar ist. (Flora Columb. XX. 23.)

Nach dem, was ich an Discomyceten (Peziza, Helvella) seither, allerdings noch unvollständig, beobachtete, finden bei diesen ähnliche Verhältnisse statt und es ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass die Entwickelung der Pyrenomyceten in bedeutend verschiedener Weise stattfinde, da sich die bei ihnen vorkommenden Falten und Kammern ebenso einfach durch Vorsprünge und Auswüchse der inneren Oberfläche der in erster Jugend einfachen Pilzfrucht erklären lassen, wie die gesonderten Fächer (receptacula) dadurch, dass die ersten Generationen der befruchteten Keimzelle nicht unmittelbar beisammen bleiben, sondern durch die sich entwickelnde Markschicht auseinander-

gedrängt und nach der Fruchtoberfläche hin vereinzelt werden, worauf eine jede für die in ihr inzwischen entstandenen Sporenschläuche an der peripherischen Seite auf ähnliche Weise eine Oeffnung erhält, wie die (in diesem Sinne) einfächrige Flechtenfrucht.

Ob und in wie fern bei den Hymenomyceten ein anderes Verhältniss stattfindet, dies zu entscheiden, bleibt ferneren Untersuchungen vorbehalten.

Ich stelle mir nach dem von mir Beobachteten die Entstehung des Hutes der Hymenomyceten in ähnlicher Weise vor, wie die Vereinzelung der Fächer der Pyrenomyceten: dass nämlich schon die jüngsten Generationen der befruchteten Keimzelle, welche anfangs eine Schicht auf dem unterhalb dieser sich entwickelnden Stiele bilden, von demselben auseinander gedrängt, durchbrochen und überwachsen werden: so dass die cambiale Schlauchschicht in Kreisform die Spitze des Stieles unter dem sie überwachsenden Hutgewebe umgiebt und von hier aus verschiedentlich geformt herabwächst.

Die bedeutsamste und wichtigste Differenz in der Entwickelung des Hymeniums der Pilze, die sich schon in dem Unterschiede der Asco- und Basidiosporen angedeutet findet, und nach meiner Meinung die Schwierigkeit des Verständnisses der Entwickelung der letzteren erhöht, besteht darin, dass die Sporen der Flechten und Ascomyceten in einfacher regelmässiger Folge endogener Zellenentwickelung aus der einen befruchteten Eizelle entstehen und erst die letzte Generation der Sporenmutterzellen sich abwärts ein wenig stielartig verlängert, indem sie mit dem unterliegenden Gewebe verwächst: bei den Basidiomyceten dagegen ein Sprossen der für die Sporen-Entwickelung sich vervielfältigenden und regenerirenden cambialen Hymeniumzellen in mehr oder minder früher Entwickelungs-Periode eintritt. Hierdurch, so wie durch das Verwachsen dieser sich aufwärts verlängernden und verästelnden Hymenialzellen der Basidiomyceten mit dem angrenzenden Gewebe des Hutes wird die Grenze beider (des Hut- und Hymenium-Gewebes) schwieriger erkannt, wie bei den meisten Ascomyceten.

Erklärung der Figuren.

(Taf. IX.)

7. Zwei nackte Archegonien von Agaricus vaginatus Bull. 8. Ein anderes ähnliches, neben dem eine cylindrische Astzelle, welche an der Berührungsstelle mit ihr verwachsen ist. 9. Ein junger Fruchtanfang, in dessen Mitte eine grosse Zelle zu erkennen ist, die in Fig. 10 freigelegt gezeichnet wurde. 11. Längenschnitt eines älteren, schon oberhalb dieser centralen Zelle durch die Rindenschicht bedeckten Fruchtanfanges. 12 und 13. Zwei andere junge schon mehr entwickelte Fruchtanfänge.

Zur Entwickelung der Milchsaftgefässe in den Luftwurzeln von Syngonium decipiens Schott.

Von

Prof. Dr. Adolf Weiss in Lemberg.*)

(Hierzu Taf. XI.)

In den Luftwurzeln von Syngonium decipiens Schott finden sich Milchsaftgefässe, deren Entwickelung ich verfolgte.

Durch die Freundlichkeit des leider seither verstorbenen Schott wurde mir 1861 in Schönbrunn Gelegenheit geboten, die nachfolgenden fragmentarischen Beobachtungen zu machen. Sie wurden durch meine Uebersiedelung nach Lemberg unterbrochen und ich hatte keine Gelegenheit mehr, sie wieder aufzunehmen und zu vervollständigen.

Durch Hanstein's Untersuchungen, sowie durch die Arbeiten von Karsten, Unger, Vogel u. A. ist die Kenntniss dieser Gebilde wesentlich gefördert worden, doch dürften weitere Beobachtungen immerhin nicht überflüssig sein.

Die Luftwurzeln der Pflanze, welche Fig. 7. im Querschnitt zeigt, haben einen centralen Gefässkörper (g), starkes Rindenparenchym (b) und eine Epidermis (a), deren Zellen fast sämmtlich in lange Haare (c) ausgewachsen sind, welche schon frühe absterben und einen mannigfach collabirten Haarfilz darstellen.

Die Milchsaftgefässe liegen unregelmässig im Gefäss- und Rindenkörper zerstreut.

*) Zum Druck eingesendet den 14. Mai 1866. D. R.

Die Epidermiszellen (Fig. 6. a.) sind nur mässig verdickt und zum grossen Theile erfüllt mit einer schmierigen, braunen Substanz (Fig. 6. d.), so dass sie im Querschnitt schon dem freien Auge als schmale dunkle Zone erscheinen.

Das Rindenparenchym der Luftwurzeln besteht aus polyedrischen Zellen (Fig. 6. b. c. e.), welche grosse, lufterfüllte Räume zwischen sich freilassen. Chlorophyll findet sich wenig in den peripherischen Schichten, es tritt dies erst in den Zellen um den centralen Gefässkörper (Fig. 5. a. c.) zahlreicher auf. Dagegen finden sich zahlreiche Raphidenbündel (Fig. 6. c.) in den Zellen vor. Zwischen kleineren, polyedrischen, mit farblosem Safte erfüllten Zellen (Fig. 6. e. c.) liegen grössere zerstreut (Fig. 6. b.), welche eine bräunliche Materie enthalten, es sind dieses die Milchsaftgefässe. Gegen den centralen Gefässkörper zu werden die Intercellularräume des Rindenparenchyms immer grösser (Fig. 5. c. c' c'') und stellen gewöhnlich äusserst regelmässige Rhomben dar. Die meist gestreckt achteckigen Zellen führen dort viel Plasma, Chlorophyll und stabförmiges Amylum (Fig, 5. d.). Unmittelbar vor dem Gefässkörper sind zwei Lagen kleinerer Zellen vorhanden (Fig. 5. a. a'.).

Im Gefässkörper dringt der Milchsaft oft in die Gefässe ein (Fig. 5. b.); diese selbst liegen meist zu zweien nebeneinander und sind oft ausserordentlich zierlich genetzt.

Nur in der Nähe der Wurzelhaube sind die Haare der Epidermis nicht abgestorben und führen dort reichlich Protoplasma, hie und da auch Chlorophyllkörner. Sie enden stets stumpf.

Macht man einen Querschnitt durch die Luftwurzel in der Nähe ihrer Haube, so erscheinen sowohl die Zellen des Rindenparenchyms als des Gefässkörpers strotzend mit einer körnigen, durch Jodlösung sich gelbbraun färbenden Materie erfüllt, in welcher zahllose Amylumkörner liegen (Fig. 3. b.).

An geeigneten Längsschnitten lässt sich die Entwickelung der Milchsaftgefässe des Rindenparenchyms leicht verfolgen. Die Zellreihen, aus denen sie entstehen, sind im jüngsten Zustande wie die Nachbarzellen, von denen sie sich noch durch gar nichts unterscheiden, reichlich mit Plasma erfüllt und enthalten wie diese einen Cytoblasten. Bald jedoch werden die Zellen einzelner Reihen durch ihr auffallend rascheres Wachsthum gegenüber den anderen kenntlich (Fig. 1. a. a').

Behandelt man das Präparat jetzt mit Jodlösung, so erscheint der Inhalt dieser Zellreihen blassockergelb gefärbt, doch ohne Spur einer Körnung, während die Nachbarzellen (Fig. 1. b.) sowie alle Cytoblasten sich hochgelb färben und reines Plasma führen. Es ist daher in den genannten Zellen (Fig. 1. a. a') bereits Milchsaft enthalten, lange bevor eine Resorption ihrer Wände erfolgte. Denn diese Ockerfarbe bei der Behandlung mit Jodlösung charakterisirt den Inhalt der fertigen Milchsaftgefässe von Syngonium decipiens auf das Entschiedenste. Mit verdünntem Kupferoxydammoniak wird die durch Jodlösung hervorgerufene Färbung der Milchsaft führenden Zellen anfangs intensiver, später schmutziggelb; der Inhalt ihrer Nachbarzellen wird aber nach und nach wieder farblos.

Die Milchsaft führenden Zellen wachsen nun rasch weiter (Fig. 2. a. a' a''), doch mehr in die Länge; ihr Durchmesser beträgt in diesen Stadien 0.0004—0.0013 Zoll, ihre Länge von 0.004—0.013 Zoll. Ihr Inhalt erhält immer mehr Milchsaft und es tritt endlich eine Resorption ihrer Zwischenwände ein. Die fertigen Milchsaftgefässe sind unverzweigte Kanäle (Fig. 4.), welche einzeln und zu zweien nebeneinander liegen und ausserordentlich variablen Durchmesser zeigen. Jodlösung und Schwefelsäure färben ihre Wandung nicht blau, sondern rothbraun. —

Erklärung der Abbildungen Taf. XI.

Fig. 1. Längsschnitt durch das Rindenparenchym der Luftwurzel. Die Milchsaft führenden Zellen (a a') zeichnen sich bereits durch ihre Grösse von den umgebenden aus. Das Präparat ist mit Jodlösung behandelt, wodurch die Zellreihen a und a' ockergelb gefärbt werden. Vergr. 400 Mal.

Fig. 2. Desgleichen ein Längsschnitt durch das Rindenparenchym, doch in einem älteren Stadium. Die Milchsaft führenden Zellen sind beträchtlich gewachsen (a, a', a'') und der Resorption ihrer Zwischenwände bereits nahe. Vergr. 250 Mal.

Fig. 3. Querschnitt durch das Rindenparenchym in der Nähe der Wurzelhaube. Die Zellen führen einen grobkörnigen Inhalt und zahlreiches Amylum. In a ein durchschnittenes Milchsaftgefäss. Vergr. 480 Mal.

Fig. 4. Ein durch Maceration isolirtes fertiges Milchsaftgefäss mit Jodlösung und Schwefelsäure behandelt Vergr. 400 Mal.

Fig. 5. Querschnitt durch eine Luftwurzel in der Nähe des Gefässkörpers. Derselbe ist durch zwei Reihen kleinerer Zellen (a, a') vom Rindenparenchym geschieden. Die Zellen derselben sind regelmässig achteckig und lassen sehr grosse luft-

erfüllte Räume zwischen sich frei; sie führen reichlich Plasma, Chlorophyllkörner und Amylumstäbe (d). Im Gefässkörper erfüllt der Milchsaft oft die Gefässe (g). Vergr. 350 Mal.

Fig. 6. Querschnitt durch eine Luftwurzel an ihrem peripherischen Theile. Die Zellen der Epidermis (a) sind in Haare ausgewachsen (e) und führen gewöhnlich eine braune, schmierige Substanz (d). Die Intercellularräume im Rindenparenchym sind kleiner als in der Nähe des Gefässkörpers; die Zellen enthalten zahlreiche Raphiden (c), wohl auch Chlorophyll. In (b) Milchsaftgefässe. Vergr. 350 Mal.

Fig. 7. Vollständiger Querschnitt durch eine Luftwurzel; a. die Epidermis; c. die Haare derselben; b. das Rindenparenchym; g. der centrale Gefässkörper. Im Rindenparenchym zerstreut die Milchsaftgefässe m. Vergr. 40 Mal.

Pflanzenphysikalische Untersuchungen.

Von

Dr. Wilh. Schumacher,

Privatdocent am landwirthschaftl. Lehr-Institute zu Berlin.*)

Betrachten wir das Leben der Pflanze als einen chemisch-physikalischen Process, so muss es eine Hauptaufgabe der Forschung sein, das Wesen der chemischen und physikalischen Einzelerscheinungen, welche bei dem Lebensprocesse mitwirken, nach allen Seiten hin zu studiren. Nur die genaueste Kenntniss der Einzelerscheinungen setzt uns in den Stand, die Complexwirkungen richtig zu beurtheilen. Gleichwie die Anatomie und physiologische Mikroskopie ihr Heil in der Erforschung der Elementarorgane suchen, ebenso müssen die physiologische Physik und Chemie zu den Elementarerscheinungen zurückgehen und deren Bedeutung zu erforschen suchen. Unter den wichtigsten Factoren des pflanzlichen Lebens stehen die Bewegungserscheinungen der flüssigen Materie in erster Reihe, und es kann uns nicht wundern, dass die physiologische Physik diesen von jeher eine besondere Aufmerksamkeit geschenkt hat; jede Aufklärung über diese Erscheinungen und ihr physikalisches Wesen ist eine Erweiterung unserer physikalischen Kenntnisse. In dieser Beziehung haben die im Nachfolgenden mitgetheilten Untersuchungen über einen bis jetzt wenig erforschten physiologischen Process — die Imbibition — vielleicht einiges Interesse für die Phy-

*) Zum Druck übergeben den 20. Mai 1866. D. R.

siologie und würde dadurch die Mittheilung an diesem Orte gerechtfertigt sein.

Eine der wichtigsten Ursachen der Bewegung der flüssigen Materie der Pflanze ist die Diffusion und Diosmose. Als Dutrochet die Erscheinungen der Diosmose entdeckte, gründete er auf dieselben eine Theorie der Stoffbewegung in der Pflanze. Allein diese Theorie vermochte, wie sich bald zeigte, nicht alle Bewegungserscheinungen, welche an der flüssigen Materie der Pflanze beobachtet wurden, zu erklären. Durch die Untersuchungen Schultz-Fleeth's,*) des Begründers unseres landwirthschaftlichen Lehrinstitutes, wurde dargethan, dass die herrschende Ansicht von dem physikalischen Wesen der Diosmose eine irrige war; diese Untersuchungen erweiterten die diosmosische Theorie der Stoffbewegung, welcher nun von Schacht, Nägeli und anderen hervorragenden Physiologen zugestimmt wurde. Die weitere Ausführung dieser diosmosischen Theorie bedurfte indess eine gründlichere Kenntniss des physikalischen Wesens der Diosmose, und habe ich zu diesem Zwecke der Sache eine ausgedehnte Untersuchung**) gewidmet und die Resultate in Bezug auf die Theorie der Stoffaufnahme und Stoffwanderung der Pflanze zu verwerthen gesucht.***) In jüngerer Zeit haben Knop und Wolf Erscheinungen mitgetheilt, welche der von mir entwickelten diosmosischen Theorie der Stoffwanderung zu widersprechen schienen und es überhaupt in Frage stellen mussten, ob die Diosmose einen wesentlichen Antheil an gewissen Stoffwanderungen der Pflanze habe. Namentlich sind es die Beziehungen der Verdunstung zur Stoffwanderung, welche sich durch die diosmosische Theorie nach dem Bekanntwerden der Wolf'schen Untersuchungen†) nicht recht erklären liessen. Man kam vielmehr in Folge dessen zu der Annahme, dass die Zellenmembran, die lebende Membran der Zelle, wie man sich auszudrücken pflegte, in Bezug auf die Diosmose sich wesentlich verschieden von jenen Membranen verhalte, welche ich zum Studium des physikalischen Wesens der Diosmose benutzt

*) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, Band 88, „Ueber die Aufnahme der unorganischen Salze in der Pflanze."

**) Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, Band 110 (1860), „Ueber Membrandiffusion."

***) Die Diffusion in ihrer Beziehung zur Pflanze. 1861.

†) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Bd. VI., S. 203.

habe, nämlich der Nitrocellulosemembran, die sich aus Collodium erzeugt, wenn dessen Lösungsmittel verdunstet. Und doch war dies nicht gut anzunehmen, weil allem Anscheine nach die die diosmosischen Erscheinungen hervorrufende Eigenthümlichkeit der Molekularconstitution bei der Collodiummembran im Wesentlichen mit der Membran der Zelle übereinstimmt. Die Sache musste einen anderen Grund haben und um diesen zu erforschen, wandte ich mich der Imbibition zu, ein Vorgang, welcher bei der Diosmose eine Hauptrolle spielt. Weiter war der Einfluss der Verdunstung in der Pflanze auf die Diosmose und Imbibition zu studiren. Die ersten darauf bezüglichen Arbeiten theile ich in dem Nachfolgenden mit, die weiteren Arbeiten hoffe ich im dritten Hefte dieser Zeitschrift veröffentlichen zu können.

Ueber Imbibition.

Diffusion und Imbibition sind nahe verwandte Erscheinungen; es sind Molecularbewegungen, welche durch die Anziehung chemisch verschiedenartiger Stoffe hervorgerufen werden. Bei der Diffusion bewegen sich die chemisch verschiedenartigen Stoffe gegeneinander, die Anziehung setzt die sämmtlichen betroffenen Stoffe in Bewegung; bei der Imbibition hingegen bewegen sich nur die Moleküle der flüssigen Stoffe zu den Theilchen des anziehenden Stoffes; beide Erscheinungen beruhen aber auf derselben Anziehung. Die Diosmose ist eine Verschmelzung von Diffusion und Imbibition. Die Imbibition setzt einen eigenthümlichen Zustand der Molekularconstitution voraus. Marmor, mit Wasser in Berührung, nimmt von dem letzteren geringe Mengen in sich auf; dünne Platten von Marmor (1 Millimeter dick) sind, wie Dutrochet zeigte, merklich diosmosisch, d. h. chemisch verschiedene Flüssigkeiten diffundiren gegen einander durch die Platte hindurch; ein Kalkspathkrystall hingegen ist vollständig undurchdringlich für Wasser, es vermag auch nicht die geringste Menge Wasser in den Krystall einzudringen. Der Marmor ist ein Accumulat von kleinsten Kalkspathkryställchen, die mit einander verwachsen sind; diese Kryställchen haben Interstitien zwischen sich, welche die Moleküle des Wassers, die von den Oberflächen der Kryställchen angezogen werden, in sich eindringen lassen. Die eigentlichen Molekularinterstitien des Krystalls aber lassen keine

Moleküle von Aussen in sich eintreten. Eine ähnliche Molekularconstitution müssen alle imbibitionsfähigen organisirten Gebilde besitzen, sie müssen aus einem Accumulat kleiner Körperchen bestehen, deren jedes wieder aus einer Anzahl von Grundsubstanzmolekülen zusammengesetzt ist, ähnlich wie die Kalkspathkryställchen des Marmors aus Molekülen von kohlensaurem Kalk bestehen. Die Imbibitionsfähigkeit führt also in Bezug auf alle organisirten Gebilde zu derselben Annahme, wie die optischen Erscheinungen hinsichtlich der Zellenmembranen, Stärkekörner und Proteinstoffkrystalloiden. Bekanntlich schliessen Brücke und Nägeli aus der doppelten Lichtbrechung jener Gebilde, dass dieselben aus kleinsten Kryställchen zusammengesetzt seien.

Die Imbibition haben wir aufzufassen als eine Molekularbewegung der mit dem imbibirenden Körper in Berührung stehenden flüssigen Materie in die von den Elementarkrystallen oder Elementarkörperchen gebildeten Zwischenräume, veranlasst durch die Anziehung der Oberfläche der Elementarkörperchen zu den Molekülen der Flüssigkeit. Auf die allgemeinen und bekannteren Erscheinungen der Imbibition will ich hier nicht weiter eingehen, sondern mich sofort zu jenen Erscheinungen wenden, welche bei der Imbibition von Lösungen beobachtet werden.

Wenn eine Lösung mit einem imbibitionsfähigen Körper in Berührung kommt, so wird dieselbe in toto in die von den Elementarkörperchen gebildeten Interstitien eintreten; die Lösungen der meisten Stoffe erleiden hierbei aber eine Veränderung, herbeigeführt durch die ungleiche Anziehung der Elementarkörperchen zu den Molekülen des Lösungsmittels und des gelösten Stoffes. In den meisten Fällen ist das Verhältniss der Anziehungen derart, dass der gelöste Stoff von den Elementarkörperchen stärker angezogen wird, als das Wasser, und dass die Anziehung der Elementarkörperchen zum gelösten Stoffe grösser ist als die Anziehung des Wassers zu ihm. Die Folge davon ist eine mehr oder weniger starke Absorption des gelösten Stoffes von Seiten der Elementarkörperchen, d. h. die Lösung wird bei der Imbibition verdünnter. Es ist dieselbe Erscheinung, welche bei Jodlösung und Stärke beobachtet wird. Nachstehend theile ich einige Versuche mit, welche diese Erscheinung bei Collodiumhaut und pflanzlichen Gebilden, in Berührung mit Lösungen, zur Anschauung bringen.

Die Collodiumhaut habe ich mit in den Kreis der Untersuchungen gezogen, weil bei ihr die Erscheinungen am reinsten zu beobachten sind.

I. Collodiumhäute, dargestellt durch Ausgiessen von Collodium auf Glasplatten; sobald das Collodium sich hautförmig abziehen liess, wurde es in Wasser gebracht und längere Zeit, unter öfterer Erneuerung des Wassers, darin gelassen, um den Aether zu entfernen. 5,5 CC (Cubikcentimeter) mit der Hand stark ausgepresster Collodiumhäute enthielten 1,4 CC feste Substanz. Diese 5,5 CC wurden mit einer Lösung von salpetersaurem Ammoniak übergossen, welche in 10 CC 0,165 Gramm Salz (NH_4O, NO_5) enthielt. Zunächst nun diffundirte das Salz auf das von der Collodiumhaut imbibirte reine Wasser (4,1 CC). Nachdem die Concentration sich zwischen der äussersten Lösung und dem imbibirten Wasser ausgeglichen hatte, musste die äussere Lösung noch in 10 CC 0,150 Grm. enthalten, denn in den 40 CC aufgegossener Lösung waren 0,660 Grm. Salz enthalten, welche sich auf 44,1 CC Wasser vertheilten. Nach 24 Stunden wurde die Lösung auf ihren Gehalt untersucht und zeigte 0,145 Grm. in 10 CC. Die Elementarkörperchen hatten also im Ganzen 0,021 Grm. salpetersaures Ammoniak absorbirt, oder 3,2 Proc. des gesammten vorhandenen Salzes.

10 CC Collodiumhäute mit 1,8 CC fester Substanz und 8,2 CC Wasser wurden mit 40 CC Oxalsäurelösung 24 Stunden in Berührung gebracht. Die Lösung enthielt in 10 CC 0,147 Grm. $\ddot{O}$. Nach der Concentrationsausgleichung mussten 10 CC Lösung 0,122 Grm. Säure enthalten; am vierten Tage wurde aber in 10 CC nur 0,113 Grm. gefunden. Aus 10 CC waren mithin absorbirt worden 0,009, im Ganzen 0,044 Grm. oder 7,5 Proc.

II. Stärke. 14 CC feinster Stärke mit 15 Gewichtsprocenten oder 2,1 CC Wasser wurden 20 Stunden lang mit einer Lösung von schwefelsaurem Ammoniak in Berührung gebracht, welche in 10 CC 0,169 Grm. Salz (NH_4O, SO_3) enthielt. Nach der Ausgleichung der Concentration ergaben sich für 10 CC 0,164 Grm.; nach 20 Stunden wurden gefunden 0,157 Grm. in 10 CC; es wären also absorbirt gewesen im Ganzen 0,070 Grm. Salz.

Nach weiteren 24 Stunden zeigten 10 CC einen Gehalt von 0,165 Grm, nach weiteren 24 Stunden 0,178 Grm. Die Bestimmung des Ammoniak geschah durch Kochen der Lösung mit titrirtem Natron und Zurücktitriren des nicht gebundenen Natrons vermittelst Oxalsäure.

Diese Methode ist für die Bestimmung von Flüssigkeiten, welche mit organischen Stoffen in Berührung gewesen und daraus Substanzen aufgelöst haben, nicht sicher, weil das Natron beim Kochen organische Substanzen zersetzt und gebunden wird. In den eben mitgetheilten Versuchen war also mehr Ammoniaksalz absorbirt worden, wie die Bestimmung zeigt. Jedenfalls geht aber aus der ersten Bestimmung, die sich auf Flüssigkeit bezieht, welche noch nicht viel organische Substanz aus der Stärke ausgezogen hatte, hervor, dass die Stärke in bedeutender Weise schwefelsaures Ammoniak absorbirt.

Auch gegen Oxalsäurelösung zeigte die Stärke eine bedeutende Absorptionskraft. 11,5 CC bei 40°–45° R. mehrere Tage getrocknete feinste Stärke mit 10 Proc. oder 1,65 CC Wasser erhielten 40 cc Oxalsäurelösung mit 0,149 Grm. in 10 CC. Nach der Ausgleichung mussten in 10 CC 0,143 Grm. $\bar{O}$ enthalten sein; nach 24 Stunden wurden gefunden 0,132 Grm.; es waren mithin aus 10 CC Lösung 0,011 Grm., im Ganzen 0,048 Grm. Oxalsäure oder 8 Proc. absorbirt worden. Nach mehreren Tagen fanden sich in der Lösung 0,133 Grm.

Baumwolle und Ammoniaksalze zeigten ein ähnliches Verhalten wie Stärke. 16 Grm. bei 100° C getrocknete Baumwolle wurden mit 100 CC Oxalsäurelösung von 1,499 Proc. behandelt. In 6½ Stunden enthielten 10 CC Lösung 0,143 Grm. $\bar{O}$, absorbirt waren 0,007 Grm. und im Ganzen 0,071 Grm. oder 4,7 Proc. Am dritten Tage fanden sich in 10 cc der Lösung 0,144 Grm. und am vierten Tage 0,144 Grm. $\bar{O}$.

Bastfaser. Um das Verhalten dieser zu untersuchen, benutzte ich schwedisches Filtrirpapier. 8 Grm. bei 100° C getrocknetes Papier erhielten 100 cc einer Oxalsäurelösung von 0,498 Proc. Nach 18 Stunden bei 8°—15° R. Temperatur enthielten 10 CC 0,045 Grm. Die Absorption betrug 0,005 Grm. in 10 CC und im Ganzen 0,051 Grm. oder 10 Proc. Am Morgen des dritten Tages, nachdem eine bis 4° kalte Nacht vorhergegangen war, zeigten 10 CC einen Gehalt von 0,043 Grm., was einer Absorption von 0,070 Grm. entspricht.

Mit Ammoniaksalzen zeigte Filtrirpapier ein ähnliches Verhalten wie Stärke.

Filtrirpapier mit einer Lösung von schwefelsaurem Kali von 0,46 Proc. behandelt, ergab bei Anwendung von 100 CC eine Absorption von 0,010 Grm. Die Bestimmung des schwefelsauren Kalis geschah nach Mohr's Tritirmethode (durch Chlorbaryum), doch ist diese Methode

nicht exact genug, um mit Zuverlässigkeit die kleine Menge Salz aus 10 CC Versuchsflüssigkeit zu bestimmen.

Arabin. Um das Verhalten des arabischen Gummis zu untersuchen, wurde es im gepulverten Zustande in eine Röhre gebracht, die mit einer dicken Collodiummembran am einen Ende verschlossen war. Diese Röhre wurde mit einer Lösung von salpetersaurem Ammoniak so in Berührung gebracht, dass durch hydrostatischen Druck keine Lösung von aussen durch die Membran in die Röhre gepresst werden konnte. Die Membran war vor dem Versuch in einer gleichconcentrirten Lösung desselben Salzes absorptiv gesättigt worden. In der Röhre befanden sich 5 CC bei 70°—100° 26 Stunden getrocknetes Arabin; mit der Röhre waren 40 CC Lösung in Berührung, die in 10 CC enthielt 0,165 Grm. Salz (NH_4O, NO_5). Nach 36 Stunden befanden sich in der Röhre 30 CC Arabingallerte, ausserhalb nur noch 15 CC Lösung, wovon 10 CC 0,144 Grm. Salz zeigten. Das Arabin entzog den Membraninterstitien Lösung, und diese imbibirten die Lösung von unten. Unter dem Aufquellen des Arabins traten 25 CC Lösung ein, welche, wenn sonst keine Veränderungen der Lösung stattgefunden haben würden, 0,413 Grm. Salz in die Arabingallerte eingeführt haben mussten; es waren indess 0,444 Grm. Salz eingeführt worden; es mussten demnach 0,031 Grm. Salz von dem Arabin absorbirt worden sein. Das Arabin konnte bei dem Aufquellen die Lösung nur in toto aufnehmen, d. h. Salz und Wasser in dem Verhältnisse, in welchem sie in der Lösung vorhanden waren; der in die Arabinmasse eingetretenen Lösung wurden indess von dem Arabin Salzmoleküle entzogen, in Folge dessen diese Lösung an Concentration abnahm und eine concentrationsausgleichende Endosmose aus der äusseren Lösung herbeiführte. Das war die Ursache, dass die zurückgebliebene äussere Lösung nach Beendigung des Versuches eine geringere Concentration zeigte wie zu Anfang.

In einem anderen Versuche befanden sich in der Röhre 8 CC scharf getrocknete Arabinkörner, ausserhalb 30 CC Lösung von salpetersaurem Ammoniak mit 0,165 Grm. Salz in 10 CC. Nach 24 Stunden, nachdem etwa 20 CC von dem Arabin aufgenommen worden waren, zeigte die zurückgebliebene äussere Lösung in 5 CC 0,0726 Grm. Salz; es enthielten also 10 CC 0,145 Grm. Absorbirt wurden etwa 0,020 Grm. Salz.

Diese Erscheinungen sind um so interessanter, als sie uns einigen Aufschluss über die Molekularconstitution der sogenannten Arabinlösung

und ähnlicher Stoffe, der Eiweisslösung u. s. w. geben. Jedenfalls ist die Arabingallerte nicht als eine einfache Lösung aufzufassen, in welcher sich die Moleküle der Grundsubstanz von einander trennen und sich gleichmässig unter die Wassermoleküle vertheilen; in einer Salzlösung z. B. trennen sich die einzelnen Salzmoleküle von einander und jedes einzelne Molekül wird von Wassermolekülen umlagert. Nähmen wir eine solche Molekularconstitution für die Arabinlösung an, so würde die Salzabsorption nicht erklärlich sein. Die Absorptionserscheinungen deuten vielmehr darauf hin, dass die Arabinmoleküle zu Elementarkörperchen vereinigt sind und diese sich im Wasser vertheilen oder vielmehr Wasser zwischen sich aufnehmen. Es wäre somit das Aufquellen der gallertbildenden Substanzen eher als eine Imbibition aufzufassen; die Oberflächen der Elementarkörperchen ziehen das Wasser oder die Lösung an und bilden eine Wasser- oder Lösungshülle um sich, die sich immermehr vergrössert. Bei festen imbibitionsfähigen Gebilden, bei einer Membran z. B. überwiegt die Anziehung der einzelnen Elementarkörperchen zu einander die Anziehung der Oberfläche der Elementarkörperchen zu dem Wasser derart, dass das eingezogene Wasser die Elementarkörperchen nur bis zu einer gewissen Grenze auseinander zu drängen vermag; bei den gallertbildenden Substanzen überwiegt aber die Anziehung der Elementarkörperchen zum Wasser und erstere können sich unbeschränkt von einander entfernen. Für die Physiologie ist es jedenfalls von Wichtigkeit, ob man das Aufquellen der gallertbildenden Substanzen als eine einfache Lösung und Diffusion oder als eine Imbibition aufzufassen hat.

Einfluss der Wärme. Wie auf alle Anziehungsvorgänge muss die Temperatur auch auf die Imbibitionsabsorption einen gewissen Einfluss haben. Ich habe denselben für Collodiummembrane und Oxalsäure untersucht. Wenn ich vorzugsweise die Oxalsäure zu den nachfolgenden Untersuchungen benutzte, so geschah dies wegen der Leichtigkeit und der grossen Genauigkeit, mit welcher dieselbe durch Titriren zu bestimmen ist und in der jedenfalls richtigen Voraussetzung, dass sich die meisten Salze und gelöste organische Stoffe im Wesentlichen nicht verschieden verhalten.

10 CC Collodiumhäute mit 1,8 CC fester Substanz wurden mit 40 CC einer Lösung von Oxalsäure übergossen, welche in 10 CC 0,147 Grm. O enthielt; von Zeit zu Zeit wurden 10 CC Lösung zur Gehaltsbestimmung

weggenommen und die weggenommene Menge Wasser und Säure wieder ersetzt.

	10CC enthielten Grm. O	Absorbirt im Ganzen Grm. Ō	Wieder aufgelöst resp. wieder absorb. Grm. Ō
Zu Anfang	0,122		
Nach 8 Stund. bei 7°—9° R. .	0,114	0,039	
17 Std. später bei 7°—9° . .	0,114	0,039	unverändert.
6½ Std. später bei 30°—40° .	0,117	0,025	aufgelöst 0,014
24 Std. später bei 8°—10° .	0,116	0,029	absorbirt 0,004
24 Std. später bei 6°—8° . .	0,113	0,043	absorbirt 0,014
Baumwolle und 100 CC Oxalsäurelösung von 1,499 Proc. Ō.			
Zu Anfang	0,1499		
6½ Stund. später bei gewöhnl. Zimmertemperatur . . .	0,1428	0,071	
24 Std. später bei 30°—40°	0,1452	0,047	aufgelöst 0,024
24 Std. später bei gewöhnl. Zimmertemperatur . . .	0,1441	0,058	absorbirt 0,011
24 Std. später bei gewöhnl. Zimmertemperatur . . .	0,1441		unverändert.

Die Temperatureinwirkung auf die Imbibitionsabsorption gestaltet sich also in ähnlicher Weise wie bei der Flächenanziehung; es nimmt die Anziehung ab, vielmehr nimmt die Anziehung der Elementarkörperchen zu den Molekülen des gelösten Stoffes stärker ab, als die Anziehung dieser zum Wasser.

Einfluss der Concentration der Lösung. Schon Naegeli machte darauf aufmerksam, dass bei Stärke und Jodlösung niemals eine vollständige Erschöpfung der Jodlösung eintritt; es zeigte sich dieses Verhalten auch bei den anderen gelösten Stoffen. Wie aus den nachfolgenden Untersuchungen hervorgeht, ist die absorbirte Menge abhängig von der Concentration.

40 CC Stärke mit 15 Gewichtsprocent Wasser erhielt 100 CC Oxalsäurelösung, welche in 10 CC 0,63 Proc. Ō enthielt. Nach der Concentrationsausgleichung mussten 10 CC 0,5812 Grm. Ō enthalten, nach 24 Stunden fanden sich jedoch in 10 CC 0,5725 Grm. Im Ganzen war absorbirt worden 1,5 Proc. der gesammten Oxalsäure.

40 CC Stärke und 100 CC Oxalsäurelösung mit 0,0586 Grm. Ō in 10 CC. Nach der Concentrationsausgleichung sind in 10 CC 0,0541 Grm.,

nach 24 Stunden wurden gefunden 0,0499 Grm. und absorbirt wurden 7,8 Proc.

40 CC Stärke und 100 CC Oxalsäurelösung mit 0,0095 Grm. Ō in 10 CC. Nach der Concentrationsausgleichung in 10 CC 0,0088, nach 24 Stunden 0,0059 Grm. Ō. Absorbirt wurden 32,3 Proc.

Aus 5,8	procentiger	Lösung	wurden	also	absorbirt	1,5	Proc.
Aus 0,54	„	„	„	„	„	7,8	„
Aus 0,095	„	„	„	„	„	32,3	„

8 Grm. bei 100° C getrocknetes schwedisches Filtrirpapier wurden mit 100 CC Oxalsäurelösung behandelt, welche in 10 CC 0,04989 Grm. Ō enthielt. Nach 24 Stunden bei 8°—15° R. fanden sich in 10 CC 0,0447, absorbirt wurden 10,2 Proc. der gesammten Säure.

8 Grm. schwedisches Filtrirpapier erhielten 100 CC Oxalsäurelösung, welche in 50 CC 0,0221 Grm. Ō zeigte. Nach 24 Stunden fanden sich in 50 CC 0,0176 Grm. Ō. Es wurden absorbirt 20 Proc.

8 Grm. schwedisches Filtrirpapier und 100 CC Oxalsäurelösung mit 0,0038 Grm. Ō in 59 CC zeigten nach 24 Stunden in 50 CC 0,0019 Grm. Ō, wobei also 50 Proc. zur Absorption gelangt waren.

Aus der 0,500	procentigen	Lösung	wurde	absorbirt		10	Proc.
„ „ 0,044	„	„	„	„		20	„
„ „ 0,0075	„	„	„	„		50	„

Es wird also eine Lösung um so stärker erschöpft, als sie verdünnter ist; eine totale Erschöpfung selbst höchst verdünnter Lösungen scheint indess nicht stattzufinden; eine Lösung, die in 100 CC 0,001 Grm. Oxalsäure (Ō) enthielt, zeigte noch saure Reaction, als sie 24 Stunden mit 8 Grm. schwedischem Filtrirpapier in Berührung gewesen war.

Um über die Vertheilung von gelöstem absorbirten Stoff im Wasser innerhalb der imbibitionsfähigen Substanz einigen Aufschluss zu erhalten, habe ich schwedisches Filtrirpapier und Oxalsäurelösung in der folgenden Weise untersucht. 8 Grm. Papier wurden mit 100 CC Lösung übergossen und nach 2 Tagen die über dem Papiere stehende Lösung untersucht; darauf wurde das Papier leicht abgepresst und die bei stärkerem Pressen aus dem Papier austretende Flüssigkeit (a) aufgefangen und auf den Gehalt untersucht; schliesslich wurden die letzten Antheile Lösung (b), welche sich mit der Hand aus dem Papier auspressen liessen (8 CC), aufgefangen und untersucht.

Die Lösung enthielt zu Anfang des Versuchs in 10 CC 0,0498 Grm. $\bar{O}$
Die über dem Papier stehende Lösung nach 2 Tgn. „ „ „ 0,0428 „ „
Die zuerst ausgepresste Flüssigkeit (a) . . . „ „ „ 0,0410 „ „
Die zuletzt ausgepresste Flüssigkeit (b—8 CC) „ „ „ 0,0410 „ „

Ein zweiter Versuch mit 8 Grm. Papier und 100 CC Oxalsäurelösung ergab die folgenden Resultate:

Die Lösung enthielt zu Anfang des Versuchs in 10 CC 0,0498 Grm. $\bar{O}$
Die über dem Papier stehende Flüssigkeit nach
24 Stunden . . . . „ „ „ 0,0451 „ „
Die zuerst ausgepresste Flüssigkeit (a) . . . „ „ „ 0,0416 „ „
Die zuletzt ausgepresste Flüssigkeit (b— 6 CC) „ „ „ 0,0410 „ „

Aus den Resultaten dieser Versuche dürfte der Schluss zu ziehen sein, dass, wenn das Papier Wasser imbibirt, die Elementarkörperchen der Bastfaser sich mit einer Wasserhülle umgeben, die Elementarkörperchen mit ihren Wasserhüllen aber Interstitien bilden, welche ebenfalls Wasser enthalten. Wenn eine Salzlösung oder dergleichen imbibirt wird, bildet sich ebenfalls um die Elementarkörperchen eine mehr oder weniger dicke Lösungshülle und die Interstitien sind mit Lösung gefüllt. In der Lösungshülle sind aber Wasser und Salz ungleich vertheilt, und zwar ist die zunächst an der Oberfläche des Elementarkörperchens liegende Schicht die concentrirteste, und die Concentration nimmt um so mehr ab, als die Schicht in der Hülle mehr nach aussen liegt. Die Interstitialflüssigkeit entspricht in ihrer Concentration jedenfalls der nicht direct mit dem Papier in Berührung stehenden Lösung. Die Ungleichheit der Anziehung der Elementarkörperchen zu den Molecülen des gelösten Stoffes und des Wassers wirkt nicht bis zu der Interstitialflüssigkeit, ihre Sphäre geht nicht über die Grenzschicht der Lösungshülle des Elementarkörperchens hinaus, oder vielmehr diese Grenze wird gebildet durch das Aufhören des verschiedenen Einflusses des Elementarkörperchens auf gelösten Stoff und Wasser. Die in den vorstehend mitgetheilten Versuchen aus dem Papier ausgepresste Lösung ist jedenfalls eine Vermischung der Interstitialflüssigkeit und der verdünnteren äusseren Schichten der Hüllen der Elementarkörperchen; die concentrirteren inneren Schichten der Hüllen würden erst bei viel stärkerem Drucke zum Theil ausgepresst werden können.

Die absorbirten Stoffe sind im Wasser leicht löslich; behandelt man Papier oder andere Stoffe, die Salze oder Säuren absorbirt haben, 5 oder 6 Mal einen halben Tag lang mit reinem Wasser, so kann man die absorbirten Stoffe ausziehen.

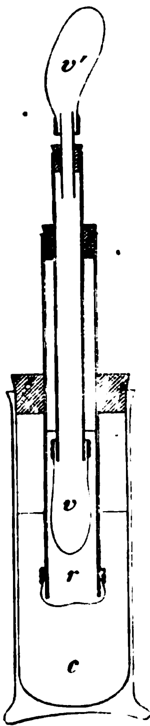
Der Einfluss der Verdunstung auf Diffusion und Imbibition.

Die Blätter der Pflanze verdunsten verhältnissmässig beträchtliche Mengen Wasser und die Physiologie hat die Frage zu erörtern, wie die Verdunstung auf die Stoffbewegung in der Pflanze wirkt. Bekanntlich hat man vielfach den Einfluss der Verdunstung dahin erklärt, dass in der Pflanze ein luftleerer Raum erzeugt werde, welcher in Folge des atmosphärischen Druckes den Eintritt von Flüssigkeit in die Wurzeln zur Folge habe; man dachte sich, wie unter Anderen Liebig that, die Pflanze einer starken Röhre gleich, welche an beiden Enden mit permeablen Membranen überspannt und mit Flüssigkeit gefüllt ist. Indess ist die Pflanze keine starre Röhre, sie besitzt vielmehr an ihren Enden collabescirende Organe, welche die Wirkung des atmosphärischen Druckes in dem ebengedachten Sinne unmöglich machen. Andere, Dutrochet, Schleiden, glaubten, dass die Verdunstung auf die Diffusion in der Weise einwirke, dass sie zunächst in den Blattzellen die Zellflüssigkeit concentrirter mache, die concentrirtere Zellflüssigkeit aus den tiefer gelegenen Zellen Flüssigkeit anziehe und aufnähme und auf diese Weise eine Strömung erzeugt werde, welche hinab zu den Wurzeln gehe und dort neue Mengen Flüssigkeit eintreten mache. Ich will für heute nicht weiter auf die verschiedenen älteren und neueren Ansichten und Hypothesen eingehen und beschränke mich darauf, einige Versuche mitzutheilen, welche den Einfluss der Verdunstung auf Diffusion und Imbibition unter Verhältnissen zeigen, die derartigen physikalischen Vorgängen in der Pflanze einigermassen entsprechen und die Erscheinung in möglichst einfachster Weise zu Stande kommen lassen.

Früher habe ich zum Studium dieser Erscheinungen einen Apparat*) benutzt, welcher durch eine Collodiummembran Wasser verdunsten liess,

*) Die Ernährung der Pflanzen. Berlin 1864, S. 62.

während ein Collodiumschlauch Wasser aufzunehmen vermochte. War der Apparat mit einer Salzlösung gefüllt, und befand sich der Collodiumschlauch in einer Lösung desselben Salzes von gleicher Concentration, so blieb die Concentration innerhalb und ausserhalb des Apparates ziemlich gleich, wenn die andere Membran Wasser verdunstete und eine Aufnahme von Wasser aus der Lösung herbeigeführt wurde. Die Erscheinungen waren so ziemlich dieselben, wie die in dem nachstehend mitgetheilten Versuche.



In dem nebenstehenden Apparate werden die Enden der Röhre v v' von Collodiumsäckchen gebildet. Diese Röhre ist mit einer Oxalsäurelösung von 1,06 Proc. gefüllt. Die Röhre r, welche unten mit einer Collodiumhaut verschlossen ist, sowie der Cylinder c, sind ebenfalls mit einer Oxalsäurelösung von 1,06 Proc. zum Theil gefüllt. Aus v' verdunstete Wasser, dadurch wurde die Lösung in der Röhre v v' concentrirter und musste sich durch Diffusion mit der Lösung in r auszugleichen suchen; die Lösung in v v' entzieht nämlich der minder concentrirten Lösung in r Wasser und giebt an dieselbe Säure ab; wenn auch noch soviel Wasser aus v' verdunstet und durch v aus r eintritt, kann in der Röhre v v' doch keine beträchtliche Anhäufung der Säure eintreten, weil die Diffusion beständig Säure aus der concentrirteren Lösung der Röhre v v' in die Lösung der Röhre r zurückführt. Nachdem 12 cc Wasser verdunstet waren, enthielt die Lösung in v v' 1,341 Proc. Ō und die Lösung in r 1,248 Proc. Ō, während sie zu Anfang des Versuches 1,06 Proc. enthielt. Bei längerer Dauer des Versuches wurde die Concentrationsdifferenz auch nicht bedeutend grösser.

In ähnlicher Weise dachte ich mir, nach dem Vorgange Schultz-Fleeth's, den Einfluss der Verdunstung des Wassers aus den Blättern auf die Stoffbewegung in der Pflanze; ich kam zum Schlusse, dass die Verdunstung des Wassers aus den Blättern nur Wasser, nicht aber gelöste pflanzliche Nährstoffe in die Pflanze einzuführen vermöge; die Einführung der gelösten Stoffe glaubte ich allein abhängig von

der in der Pflanze stattfindenden Concentrationsdifferenz in Folge der organischen Thätigkeit der Pflanze (Assimilation und Stoffwechsel). Jedenfalls liess sich diese Ansicht weit mehr rechtfertigen als die Verdunstungstheorie, welche einen luftleeren Raum in collabescirenden Organen entstehen liess und die Pflanze mit einer starren Röhre verglich. Indess auch jene Diffusionstheorie war ein Irrthum, herbeigeführt durch die übliche Auffassung von der Molekularconstitution des Zellinhaltes. Man dachte sich das Protoplasma und die colloiden Substanzen des Zellinhaltes (Eiweissstoffe, Dextrin u. s. w.) als Lösungen nach Art der Salzlösungen, ihre Beziehungen zu Wasser und Lösungen als Diffusion. Wir müssen jedoch das Protoplasma als ein vollständig organisirtes Gebilde betrachten,*) welches sich zu Wasser und Lösungen in gleicher Weise wie die Zellmembran als imbibitionsfähig verhält; ebenso können wir die Beziehungen der colloiden Stoffe zu Wasser und Lösungen nur als Imbibition auffassen. Auf diesem Standpunkte gewinnt das Verhalten der Verdunstung des Wassers aus den Blättern eine ganz andere Gestalt.

Um unter möglichst einfachen Verhältnissen den Einfluss der Verdunstung auf die Imbibition zu studiren, benutzte ich den vorhin erwähnten Apparat. Ich liess Arabin in einer Lösung des salpetersauren Ammoniaks von 1,32 Proc. aufquellen und brachte davon 25 CC in die Röhre v v′; in die Röhre r und in den Cylinder c gab ich 115 CC Lösung von salpetersaurem Ammoniak mit 1,32 Proc. Salz. Nach 18 Stunden waren 10 CC Wasser verdunstet und enthielt die Lösung in r und c in 10 CC 0,128 Grm. Salz. Die Verdunstung des Wassers aus den Interstitien der Membran veranlasste eine Imbibition von Lösung aus den zunächst gelegenen Interstitien der Arabingallerte und diese entzogen Lösung aus den benachbarten Interstitien der Arabingallerte u. s. w., eine Strömung der imbibirten Lösung, welche bis zur Membran v ging und dort Lösung in toto eintreten machte. Mit den 10 CC, die aus r in v v′ eintraten, mussten 0,1322 Grm. salpetersaures Ammoniak in v v′ eingetreten sein; in Wirklichkeit sind aber mit diesen 10 CC 0,1763 Grm. salpetersaures Ammoniak eingetreten.

*) In Bezug auf die Auffassung, welche wir uns von der Organisation des Protoplasma's zu machen haben, verweise ich auf H. Karsten's interessante anatomische Beobachtungen (s. dessen Histologische Untersuchungen S. 61 und Gesammelte Beiträge S. 424 und 446). Der Verf.

Es ist in diesem Falle also mehr eingetreten als der Lösung entspricht. die äussere Lösung ist unter dem Einfluss der Verdunstung verdünnter geworden. Dieser Fall ist um so interessanter, als er auch von Wolf bei Pflanzen gefunden wurde, die sich in verdünnten Salzlösungen entwickelten, ohne dass sie assimilirt hatten. In unserem Versuche liegt die Ursache dieser Erscheinung auf der Hand. Das Arabin wurde in einer Lösung gequollen, die mit der zum Versuche verwendeten vollständig gleich concentrirt war; durch Absorption wurden aber nicht unbedeutende Mengen Salz von dem Arabin der Lösung entzogen und die in der Arabingallerte enthaltene Lösung dadurch minder concentrirt als die ursprüngliche Lösung; im Apparate war mithin die Lösung in v v' minder concentrirt als die Lösung in r, wodurch eine von der Verdunstungsströmung durchaus unabhängige Endosmose des Salzes aus r nach v v' herbeigeführt wurde. Es bestanden in dem Apparate demnach zwei Strömungen, erstens eine Strömung der Lösung in toto, veranlasst durch die Verdunstung und zweitens eine endosmosische Strömung des Salzes für sich in Folge der Concentrationsdifferenz.

Nach 5 oder 6 Tagen waren weitere 55 CC Wasser verdunstet und die in r und c zurückgebliebene Lösung enthielt in 10 CC 0,1640 Grm. salpetersaures Ammoniak. Am zweiten Tage enthielt die Lösung in r und c 0,1280 Grm. Salz; weil die Verdunstung die Lösung in toto eingeführt und wahrscheinlich die Concentrationsdifferenz zwischen r und v v' ausgeglichen war, mussten mit den 55 CC 0,704 Grm. Salz in v v' eintreten: dabei musste die Concentration in v v' natürlich bedeutend höher werden wie in r und, wie man glauben sollte, eine Exosmose des Salzes nach r eintreten. Die Exosmose kann aber durch die Verdunstung ganz oder zum Theil verhindert werden. Die exosmosische Salzströmung geht in v v' nämlich von oben nach unten und strebt durch die Interstitien der Membran v in die Lösung in r auszutreten; die Verdunstung führt aber jeden Augenblick die Interstitialflüssigkeit der Membran v in die Arabingallerte ein, wodurch die Concentrationsausgleichung nicht aus den Interstitien der Membran hinauszutreten vermag, wenigstens wird dieser Fall eintreten, wenn die Verdunstungsströmung stark und die Concentration eine niedrige ist. In unserem Versuche wurden mit den 55 CC der zweiten Periode 0,704 Grm. Salz eingeführt, allein davon verblieben nur 0,524 Grm. in der Röhre v v'

und 0,180 Grm. diffundirten wieder zurück, weil die Concentration der Versuchsflüssigkeit eine verhältnissmässig hohe und die Verdunstung verhältnissmässig schwach war. Wäre das Salz durch die Verdunstung nicht in der Exosmose gehemmt worden und hätte eine Exosmose bis zur Concentrationsausgleichung stattgefunden, so mussten sich in dem nicht aufgesogenen Reste der Lösung 1,344 Grm. Salz finden; es wurden aber nur 0,820 Grm. Salz gefunden. Wie man sieht, fand in unserem Versuche unter der Verdunstung eine sehr beträchtliche Anhäufung des Salzes in der Röhre v v' statt; bei dem Schlusse des Versuches enthält die Röhre v v' eine Lösung, deren Concentration in Bezug auf salpetersaures Ammoniak 3,8 Proc. betrug, während die Concentration der Lösung in r und v, welche sich durch die Membran der Röhre r hinsichtlich der Concentration auszugleichen vermochte, nur 1,6 Proc. betrug.

Es ist interessant, die Ergebnisse dieses Versuches mit den ausgezeichneten Untersuchungen Wilh. Wolf's zu vergleichen, welche den Einfluss der Verdunstung auf die lebende Pflanze zum Gegenstande hatten.*) Während es immer eine missliche Sache ist, die Ergebnisse der Vegetationsversuche auf bestimmte Ursachen zurückzuführen, weil in der lebenden Pflanze der Complex der physikalischen und chemischen Wirkungen so verwickelt ist, dass man mit Sicherheit die Bedeutung einer einzelnen physikalischen Wirkung nicht zu beurtheilen vermag, gewährt uns das Experiment die Möglichkeit, eine derartige Wirkung unter den einfachsten Verhältnissen zu beobachten. Wenn man bedenkt, dass die chemischen und physikalischen Gesetze, die uns das Experiment kennen lehrt, unzweifelhaft auch für die Pflanze Gültigkeit haben, wenn in dieser dieselben Verhältnisse zugegen sind, unter welchen wir das Experiment anstellen, so kann man nicht verkennen, dass das chemische oder physikalische Experiment das wichtigste Hülfsmittel der physiologischen Forschung ist, wenigstens soweit sich die physiologischen Erscheinungen experimentell darstellen lassen. Die experimentell studirten Gesetze führen zu einer physiologischen Hypothese, die erst durch den Vegetationsversuch, d. h. durch das Experiment mit der lebenden Pflanze, ihre Bestätigung finden kann. Dieser Weg

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Bd. VI. Seite 209.

ist für die Forschung jedenfalls der leistungsfähigste und dürfte weit mehr Beachtung finden, als dies bis jetzt geschehen ist.

Wolf liess Pflanzen vom Keimen an in verdünnten Salzlösungen vegetiren und bestimmte die Mengen Wasser und Salz, welche unter dem Einflusse der Verdunstung in die Pflanze eingeführt wurden. Die Pflanzen hatten während des Versuches nicht assimilirt; das Trockengewicht des Samens war nicht vermehrt worden; es hatten sich also keine anorganische Stoffe in organische Substanz umgesetzt. Er fand, dass bei vielen Lösungen bei gewissen niedrigen Concentrationen mehr Salz aufgenommen worden war, als der Concentration der Versuchslösung entsprach; die Lösung wurde also unter der verdunstenden Pflanze verdünnter. Bei salpetersaurem Kali trat diese Erscheinung ein bei einer Lösung von 0,1 Proc., bei salpetersaurem Natron bei 0,025 Proc., bei salpetersaurem Ammoniak über 0,25 Proc., bei salpetersaurem Kali wurde dieselbe noch nicht bei 0,025 Proc. beobachtet; wie das letztgenannte Salz verhielt sich auch schwefelsaures Kali, schwefelsaures Ammoniak u. s. w. Auf die Ursache dieses ungleichen Verhaltens der verschiedenen Salze hoffe ich im nächsten Hefte zurückzukommen. Die Abnahme der Concentration der Lösung bei den salpetersauren Salzen kann keine Folge der Verdunstung sein, weil diese höchstens die Lösung in toto einzuführen vermag, sie beruht, wie auch in unserem Experimente, in einer von der Verdunstung unabhängigen Endosmose des Salzes, die von zwei Ursachen abhängig sein kann, nämlich von einer chemischen Bindung (resp. Zersetzung) oder einer physikalischen Absorption des Salzes in der Pflanze oder von beiden Vorgängen zugleich. Die neugebildete Cellulose, Stärke, die Proteinstoffe, Dextrin und sonstigen gallertbildenden Substanzen besitzen natürlich für die in die Pflanze eintretenden Salze eine bedeutende Absorptionskraft; wird nun auch die äussere Lösung in toto in die Pflanze eingeführt, so muss dieselbe durch die Absorption doch verdünnter werden und dadurch eine besondere Endosmose des Salzes herbeiführen. Ganz dieselben Erscheinungen werden eintreten, wenn die Salze in der Pflanze chemisch gebunden und zersetzt, assimilirt werden. In den Versuchen von Wolf dürften diese Fälle wenigstens für die salpetersauren Salze nicht anzunehmen sein, weil die Pflanzen nicht assimilirten; es scheint vielmehr nur eine Absorption der Salze stattgefunden zu haben.

Als vorläufiges Resultat der vorstehend mitgetheilten Versuche, zusammengehalten mit den Vegetationsversuchen von Wolf, dürfte angenommen werden, dass die Verdunstung des Wassers aus den Blättern eine Strömung der von den Zellmembranen, dem Protoplasma und den colloiden Stoffen des Zellinhaltes imbibirten Flüssigkeit von der Wurzel zu den Blättern veranlasst und an der Wurzel die umgebende Lösung in die Zellen einführt, wobei die Lösung bei gewissen Stoffen in toto aufgenommen, bei anderen vor dem Eintritte in die Interstitien der Zellmembran hinsichtlich ihrer Concentration verändert wird. Die Absorption der Pflanzennährstoffe von Seiten der neugebildeten organischen Stoffe, die chemische Bindung und Zersetzung der Pflanzennährstoffe kann ausserdem eine besondere Endosmose der Pflanzennährstoffe veranlassen.

Die Verdunstung bewirkt eine Anhäufung der Pflanzennährstoffe in der Pflanze, indem der aufwärts steigende Imbibitionsstrom die Exosmose der gelösten Salze aus der Wurzel verhindert, selbst dann, wenn die äussere Lösung, die Nährstofflösung, bedeutend niedriger concentrirt ist als die Zellflüssigkeit. Wolf*) setzte Pflanzen, die sich in Lösungen entwickelt hatten, in destillirtes Wasser und beobachtete, dass nur Spuren der aufgenommenen Salze wieder aus der Pflanze zurückdiffundirten. Je stärker die Verdunstung ist, je mehr Wasser in einer Zeiteinheit aus der Pflanze fortdunstet, um so grössere Mengen gelöster Pflanzennährstoffe können in der Pflanze zurückgehalten und aufgespeichert werden.

Ich hoffe in dem nächsten Hefte dieser Zeitschrift weitere Untersuchungen über die Imbibition und über den Verdunstungsprocess mittheilen zu können, namentlich ist noch das Absorptionsverhalten der Kali-, Kalksalze u. s. w., so wie der gelösten organischen Stoffe und das Verhalten der Kali-, Kalksalze und sonstiger Pflanzennährstoffe bei dem Verdunstungsprocesse näher zu untersuchen.

---

*) Landwirthschaftliche Versuchsstationen VII. S. 210.

Ueber den Flugbrand.

Ustilago Carbo Tul. (Uredo segetum Pers.)

Von

H. Hoffmann.*)

(Hierzu Tafel XII. — XIV.)

Trotz den zahlreichen und zum Theil vortrefflichen Untersuchungen, welche über diesen gefährlichen Feind des Getreides von F. Bauer bis auf Tulasne, de Bary, Kühn u. A. vorliegen, ist unsere Kenntniss dieses Gegenstandes noch nicht ganz frei von Lücken, die merkwürdigen Entwickelungsphänomene sind noch nicht ganz erschöpft. Und so möge es mir denn erlaubt sein, in Kürze hier mitzutheilen, was meine eigenen Untersuchungen in Betreff dieses Parasiten mich gelehrt haben.

Wenn man durch ein Hafer- oder Gerstenfeld geht, auf welchem sich brandige Blüthen zeigen, so bemerkt man bekanntlich bei genauerem Zusehen sehr bald, dass eine brandige Aehre oder Rispe gewöhnlich eine durchaus brandige Pflanze verräth. Zieht man sie mit der Wurzel heraus, so findet sich nicht selten ausser der zuerst bemerkten Brandähre noch eine vorher übersehene zweite oder dritte; öffnet man die noch geschlossenen Nebentriebe, so findet man, in junge Blätter eingewickelt, darin junge Aehren oder Rispen auf verschiedenen

---

*) Zum Druck eingesendet den 23. Mai 1866. D. R.

Entwickelungsstufen; und auch diese sind in der Regel alle oder zum Theil brandig afficirt. Eine bestimmte Regel konnte ich bezüglich der Reihenfolge des Befallens dabei, trotz einer grossen Anzahl untersuchter Pflanzen nicht constatiren. Bald ist es der Haupttrieb, bald einer oder mehrere Seitentriebe, welche befallen sind, bald nur letztere oder endlich alle zusammen. Da die benachbarten Stöcke frei sind, der betroffene aber mehr oder weniger total afficirt ist (wenigstens in den Blüthenorganen), so muss die Infection zu einer Zeit stattgefunden haben, als das jetzt reich verzweigte und vielhalmige Gewächs noch ein einfaches war, d. h. vor oder während des Keimlebens. In dieser Beziehung ist besonders beachtenswerth, dass man mitunter sogar an einer Aehre nur einen Theil der Blüthen brandig findet, andere nicht; wie dies auch von Kühn bezüglich des Weizens, des Mais und der Haferrispe bestätigt wird. Ich beobachtete einen Fall, wo die untere Hälfte einer Gerstenähre brandig war, die obere vollkommen gesund.

Um dies aber vollständig verstehen zu können, ist es nöthig, dass wir den Keimungsprocess etwas genauer betrachten. Das reife Korn der Gerste (Hordeum distichum) ist aussen von zwei Spelzen fest umwickelt, indem die begrannte hintere (Taf. XII, Fig. 2) seitwärts ein wenig über die vordere oder innere (Fig. 1) übergreift. Auf dem senkrechten Durchschnitte der Frucht erkennt man (Fig. 3), dass der Keim unten und aussen (hinten) steht,*) über ihm das mehlige Eiweiss. Schält man beide Spelzen ab, so zeigt sich unterhalb derselben noch eine besondere, den Samen fest umschliessende Schale (Fig. 4), welche bei mikroskopischer Untersuchung zwei Membranen aus je zwei Schichten zeigt. Die äussere Membran wird als Fruchtschale, die innere als Samenschale unterschieden werden können; wir wollen beide zusammen weiterhin als Testa bezeichnen. Auch ohne die Frucht zu durchschneiden, sieht man den Keim deutlich durch die Testa hindurchschimmern (Fig. 5). Der mikroskopische Bau der zwei Membranen ist folgender (wenn man sich das Korn aufrecht stehend denkt). Membran 1: Schicht a

*) Es ist merkwürdig, dass über solche elementäre Dinge noch Zweifel obwalten können. Endlicher (Enchiridion) lässt den Keim vorn sitzen, ebenso Rossmann-Heyer (Flora v. Giessen); Koch (Synopsis) und Lindley (veg. Kingd.) lassen die Sache unentschieden. Richtig ist die Darstellung bei Nees (gen. h. IV. t. 13 u. s. w.), O. Berg (Charakteristik der Pflanzengatt. 1861. t. 5. F. 59. k); bei Schleiden (Handb. medic. pharmac. Bot. 1862. I. p. 165).

(von aussen): längsgestrecktes Parenchym, ohne Spaltöffnungen, soweit ich ermitteln konnte; von aussen nach innen platt gedrückt, was auch von den folgenden Schichten gilt. b: Quergestrecktes Parenchym, Ecken abgerundet; die Zellen kürzer als die vorigen. — 2: a. quergestrecktes Parenchym, vorigem ähnlich, doch die Zellen niederer und schmäler. b. längsgestrecktes Parenchym, Zellen eckig, ähnlich 1 a.

Der Keim zeigt auf dem senkrechten Durchschnitte mehrere Abtheilungen (Fig. 6). Zu oberst (c) den Cotyledon oder das Scutellum, welcher dem Eiweisse dicht anliegt, ohne mit demselben verwachsen zu sein; auf der Grenze zwischen beiden, dem Eiweisse angehörig, liegt eine Schicht zusammengedrückter und geschrumpfter, inhaltloser Zellen, durch welche hindurch während der Keimung die Reservestoffe aus dem alsdann milchig-flüssigen, in einen festen Sack eingeschlossenen Eiweiss in den wachsenden Keim wandern müssen. Während nun die ganze hintere Fläche des Cotyledons vollkommen frei*) und leicht ablösbar ist (Fig. 7), so ist doch der Rand ringsum befestigt, indem die das Eiweiss aussen einhüllende Membran ununterbrochen auf den Cotyledon übergeht (Fig. 6). Der Cotyledon ändert sich während der Keimung nicht, er verschrumpft zuletzt und vermodert. — Darauf folgt die Gemmula, Knospe (Fig. 6, g), aus 4 Blättern bestehend, innerhalb deren der Vegetationskegel sich schwach angedeutet erkennen lässt; der letztere ist bestimmt, die weiteren Blätter und den Halm mit der Aehre zu bilden. Nach unten erkennt man dann die Würzelchen (r), welche zu 4 oder 5 gleichfalls, wie die Blätter, in eine Scheide eingehüllt sind, welche beim Keimen zerrissen wird. Man kann Blätter und Würzelchen aus ihren betreffenden Scheiden herausnehmen (Fig. 7). Beide sind getrennt durch eine Zwischenschicht (Fig. 6, n), den Indifferenzpunkt, Nodus vitalis: den ersten oder primitiven Halmknoten.

Zur vollständigen Klarheit ist es nöthig, ausser dem Längsschnitte auch mittelst fortschreitender Querschnitte den Embryo zu studiren. Durchschneidet man weit oben und sieht von oben darauf (Fig. 8), so erkennt man ausser dem Scheidenblatt (Vaginula, Coleoptyle) noch das zusammengefaltete Blatt no. 2 und in diesem frühzeitig die An-

*) Fig. 37 zeigt die Cotyledonarfläche eines gekeimten Samens von hinten, nachdem das Albumen entfernt worden.

deutuugen der zukünftigen Gefässbündel. -- Weiter abwärts (Fig. 9) findet man die Gemmula etwas platt gedrückt (von vorn nach hinten), und dem Cotyledon (c) breit aufgewachsen. - Wieder etwas tiefer, trifft der Querschnitt die innersten Blätter (Fig. 10) und den Vegetationspunkt. Blatt 3 und 4 sind zu dieser Zeit sehr rudimentär (Fig. 10. b., isolirt), Blatt 2 dagegen ist auch hier spiralig übergreifend eingeschlagen und ganz frei. -- Wieder etwas weiter abwärts, trifft der Querschnitt (Fig. 11, von unten betrachtet) die Stelle, wo das Blatt no. 2 auf eine Strecke weit vorn und hinten angewachsen ist, wie die punctirten Linien andeuten. Man kann sich von dieser Verwachsung durch Abwärtszerren der inneren Theile (Fig. 12) leicht überzeugen. Fig. 13 zeigt eine tiefere Stelle, dem Nodus schon nahe; das Blatt 2 ist nur nach vorn frei; die inneren Theile sind noch nicht differenzirt. Im Nodus selbst ist nichts Besonderes zu unterscheiden; Fig. 14 zeigt den Cotyledon, hinter ihm das Eiweiss, welches gerade hier etwas von vorn nach hinten zusammengezogen ist. Schreitet man mit Querschnitten noch weiter nach unten fort, so trifft man zunächst die Stelle, wo sich die Würzelchen zu differenziren beginnen (Fig. 15); man erkennt dies an einer besonderen Transparenz der betreffenden Partie, wodurch die weisse Farbe etwas von jener der Umgebung verschieden wird. Weiterhin treten dieselben sofort selbstständig auseinander (Fig. 16, 17); doch beginnt von da an ihre Weiterentwickelung ungleich zu werden, wie sich denn bei Fig. 18 nur 4 statt 5, und zwar von verschiedener Grösse, zeigen.

Keimung. Entfernt man die Spelzen eines aufgeweichten Gerstenkornes, so findet man, durch die Testa durchschimmernd, unten den Keim (Fig. 19); seitlich wird er umfasst von den fest angedrückten Lodiculae (Fig. 26 l), welche in Fig. 19 abgelöst dargestellt sind. Die erste Aenderung bei der Keimung besteht (Fig. 20) darin, dass die Gemmula sich aufwärts streckt, während die Scheide der Würzelchen (Coleorhiza) nicht, wie die Vaginula,*) im Stande ist, dem inneren Drucke nachzugeben, sondern auch die Testa selbst an dieser Stelle,

*) So sieht es wenigstens bei oberflächlicher Betrachtung aus. Zergliedert man genauer, so erkennt man allerdings, dass auch die Vaginula aussen von einer sehr zarten Membran oder Scheide ringsum überkleidet ist (angedeutet in Taf. XII. Fig. 7 a). Diese aber scheint, wie die Scheide der Würzelchen, gleichfalls zersprengt zu werden, doch ist die Risswunde nicht deutlich.

zersprengt wird. Auf Fig. 26 sieht man die Wundlefze der Testa dargestellt, auf Fig. 36 zugleich jene der Wurzelscheide; auf Fig. 2 sieht man die letztere hervorragen. Hiermit hat der erste Act der Keimung begonnen.

Indem nun die Vaginula am Eiweisskörper in die Höhe wächst, muss sie endlich auch ihrerseits irgend wo die Testa sprengen, um sich weiter entwickeln zu können. Dies geschieht an ziemlich verschiedenen Stellen, wie deren eine Auswahl unter Fig. 36, 26, 27, 28 dargestellt ist; die Wundlefze ist unregelmässig. — Aber es gilt nun auch für den Keim, mit Wurzeln und Gemmula die fest anhaftenden beiden Spelzen oben und unten zu sprengen. Das erste Hervorbrechen des ersten Würzelchens geschieht hier durch einen unregelmässigen Riss (Fig. 25) an der Stelle, wo einstens das Gerstenkorn angewachsen war. Die Gemmula dagegen sucht sich ihren Weg in der Regel oben (selten mehr seitwärts) in der Spalte, welche von der Palea inferior und superior gebildet wird; Fig. 24 von innen, 21 von der Seite, 22 gleichfalls von innen oder vorn; in letzterer Figur ist die untere Spelze nebst der Testa aufgeschnitten und etwas zur Seite geschoben worden; man sieht hier die Rinne durch einen braunen Strich bezeichnet, welche vorn auf der Mitte des Eiweisskörpers herabzieht.

Etwas später wird dann die weiche Vaginula selbst oben durchbrochen (Fig. 29), indem dieselbe sich nicht weiter zu strecken vermag; sie bildet jetzt auf dem Rücken 2 Längsstreifen aus, in welchen sich in 3—4 Reihen zahlreiche Spaltöffnungen entwickeln; und indem das zweite und die folgenden (grünen) Blätter sich aus der oberen Oeffnung gewaltsam hinausdrängen, zersprengen sie endlich die Vaginula ihrer ganzen Länge nach einseitig von oben bis unten (Taf. XIII, Fig. 1), worauf dieselbe allmälig abwelkt und vermodert (Taf. XIII, Fig. 12). Sie ist, da sie keine Ligula besitzt, als Blattscheide — nicht als Blattspreite — zu betrachten, ähnlich den blattlosen Scheiden an den unteren Stammtheilen vieler Umbelliferen.

Wenn die Vaginula etwa einen Zoll Länge erreicht hat, so findet man in ihrem Innern Folgendes (Taf. XII, 30): nämlich vier deutliche, nun grüne Blätter, sämmtlich eingerollt und dadurch nach oben geschlossen, mit Ausnahme des vierten (Fig. 31), welches noch einen offenen Schlitz bildet, in dessen Tiefe man den Vegetationspunkt findet (Fig. 32),

welcher bei stärkerer Vergrösserung eine rundliche Form hat und ganz und gar aus kleinen, safterfüllten Parenchymzellen ohne Chlorophyll besteht; Spaltöffnungen und Gefässe sind zu dieser Zeit nicht vorhanden. Bald rollt sich nun auch das vierte Blatt ein (Fig. 34), und der Vegetationspunkt beginnt, sich kegelförmig in die Länge zu strecken (Fig. 35), indem er sich anschickt, neue Blätter und weiterhin die Aehre anzulegen. Wir sehen dies deutlicher auf Taf. XIII. Fig. 1 zeigt die Aufeinanderfolge der Blätter in natürlicher Grösse; man sieht im Innern zu dieser Zeit bereits ein fünftes Blatt angelegt, welches Fig. 2 vergrössert dargestellt ist. Dasselbe besitzt jetzt noch keine Spaltöffnungen. Auch die Aehrenanlage gestaltet sich nun bestimmter. Auf Fig. 3 sieht man dieselbe in ein noch jüngeres Blättchen theilweise eingewickelt, auf Fig. 4, nach Entfernung des vorigen, wiederum ein neues Blättchen sich unten seitwärts hinausschieben, und dies kann bis auf 8 Blätter sich fortsetzen. Die Aehre selbst zeigt sich Fig. 5 als ein wulstiges, abgerundetes Achsenende; sie hat im senkrechten Durchschnitte unregelmässige Ausbuchtungen (Fig 6), welche bei der Seitenansicht sich als holperige Ringwülste ergeben: die ersten Andeutungen der zukünftigen Aehrchen. Zu dieser Zeit kann man im Innern der zukünftigen Spindel etwa 2 bis 3 Spiralen — in ihrer ersten Anlage — auffinden. Dieselben sind noch etwas krumm und sehr kurzgliederig. Die Blumenwülste sind noch ohne Gefässe. — Hat die Aehre etwa 1 p. Linie Länge erreicht, so zeigen sich die Aehrchen bereits bestimmter unterschieden (Fig. 8); man sieht bei einiger Vergrösserung nun schon Spelzen und Grannen sich differenziren (Fig. 9, 10), und im Innern dieser zackigen Wülste lässt sich bereits der Fruchtknoten mit den zwei Narben und dem Eichen in demselben (Fig. 11), sowie die Antherenanlage erkennen. Gefässe sind in letzteren Theilen immer noch nicht vorhanden. Stärkekörnchen (von ausserordentlicher Kleinheit trifft man nur spärlich, und zwar an der Basis der Spiculae und in der jungen Rachis. Etwas später aber, wenn der Fruchtknoten (mit Narben) eine Linie Länge erreicht hat, findet man auch in ihm diese kleinen Stärkekörnchen.

Aber bekanntlich bleibt ein Halm, wie wir ihn jetzt von der Keimung an bis zu seiner definitiven Gestaltung verfolgt haben, nicht einzeln; es ist Regel, dass aus demselben Getreidekorn eine grössere Zahl von Halmen hervorgehen, welche ungleich an Alter sind, so dass

die zuletzt angelegten noch kaum ein deutliches Aehrchen, in die Blätter fest eingewickelt, tragen, während der Hauptstamm bereits eine völlig reife Aehre producirt hat.

Im Folgenden werde ich zu zeigen versuchen, wie diese für die Agricultur so wichtige Verzweigung vor sich geht.

In den Achseln der untersten, schon im Embryo angelegten Blätter — und nur in diesen — bilden sich sehr frühzeitig die kleinen warzenförmigen Wülste, welche bestimmt sind, weiterhin zu Knospen und im günstigsten Falle zu Halmen mit Aehren zu werden; jeder dieser Seitenhalme oder Zweige aber ist unter günstigen Umständen im Stande, selbst wieder in den Achseln seiner untersten Blätter ebensolche Knospen und Zweige hervorzutreiben; daher die ausserordentlich reiche Bestockung, welche man mitunter bei günstig gewachsenen Getreidepflanzen beobachtet, und welche bekanntlich durch künstliche Zertheilung und wiederholte Verpflanzung des Stockes bis auf das Aeusserste gesteigert werden kann.

In Algier wurde vom Kaiser Napoleon III. eine Gerstenpflanze mit 121 Halmen gefunden (Compt. rend. Juni 1865. p. 1161). Möller zog eine Weizenpflanze mit 250 Halmen, wovon 118 volle Aehren bildeten à 30 Körner i. e. 3540 Körner. (Cf. Frauend. Blätter 1862. Febr., S. 38). Nach Knight lieferte ein Stock Winterweizen nach dreimaliger Theilung 5000 Stöcke mit 21,109 Aehren, mit 576,840 Körnern. —

Die spontane Verzweigung ist übrigens nicht an jedem Stamme vollkommen identisch; einige Beispiele werden dazu dienen, die gewöhnlichen Verhältnisse zu veranschaulichen. Taf. 13, Fig. 12 zeigt eine junge Gerstenpflanze in natürlicher Grösse. Nur eine Knospe (I) ist unmittelbar zu sehen; sie ist durch die vermodernde Vaginula (1) hervorgebrochen und befindet sich gerade zwischen den ersten Adventivwurzeln, deren weiterhin in diesen niedersten Stammgenerationen noch eine ganze Anzahl sich entwickeln kann. Ihrer Natur nach hat sie den Charakter eines Ausläufers (Stolo). Zerspaltet man das grüne Blatt (2) bis auf den Grund, so wird in dessen Achsel abermals eine Knospe sichtbar (Fig. 13, II). Zerspaltet man das Blatt 3, so sieht man im Achselgrunde sogar zwei Knospen (Fig. 14) nebeneinander, wovon die eine grösser, die andere kleiner ist (B). Zerspaltet man endlich das vierte Blatt, so erkennt man abermals eine Knospe (Fig. 15 IV.), deren in-

nerer Bau (C), wie jener der vorigen (B), bereits die Blattanlagen und den Vegetationspunkt — den zukünftigen Halm mit der Aehre — zeigt. In der Basis des fünften Blattes eingewickelt, erkennt man endlich die letzte, die Terminalknospe (Fig. 16). Alle diese Knospen sind noch nahezu auf gleicher Höhe, man kann sich also leicht vorstellen, dass das Mycelium eines Pilzes, welcher im Innern des primitiven Stämmchens emporwuchert, ohne Weiteres mit der grössten Leichtigkeit Aeste in die erste, zweite, dritte, oder in alle Knospen und die benachbarten Blattbasen abgeben kann. In Fig. 17 sind die Knospen eines solchen Stammes in ihrer allmählichen Aufeinanderfolge etwas schematisch dargestellt; in Fig. 18 ebenso von oben betrachtet und in eine Ebene projicirt, woraus man sieht, dass ihre Stellung zur Hauptachse sehr verschieden ist und eine rechtsumläufige Spirale bildet. — Fig. 19 zeigt einen um mehrere Tage weiter entwickelten Zustand; man sieht unten an der Seite des primitiven Stammes, von welchem der Cotyledon bereits weggemodert ist, eine verkümmerte Seitenachse I; darauf in anscheinend gleicher Höhe 2 Aeste II. und III. (oder II. A. und II. B.); darauf abermals einen Ast, welcher mit IV. bezeichnet ist, und endlich den Hauptstamm, bezeichnet V. Die Blätter sind an diesen Stammbasen angedeutet. — Fig. 20 zeigt einen analogen Fall; der Hauptstamm I. hat an Stärke alle anderen übertroffen: von den beiden gleichhohen Zweigen zweiter Ordnung (II. A. und B.) ist ebenfalls der eine stärker, als der andere; dicht über ihm entspringt der Zweig dritter Ordnung (III.), mit welchem in diesem Falle die Verzweigung abschloss. — Fig. 20 b. zeigt Folgendes: Unten ist die einstige Lage und der Umriss des nun vermoderten und verschwundenen Samens angedeutet; a ist der primäre Knoten mit den Primitivwurzeln; b ist ein braun gefärbter Rest des Scutellum (oder Cotyledon) nach Verwesung der anhängenden Theile; c ist der zweite Knoten, mit Adventivwurzeln. (Hier hat sich ein Seitenast II. entwickelt, wie Fig. 20 c. stärker vergrössert und im senkrechten Durchschnitte darstellt). Bei dem Blatte B endlich ist in gleicher Höhe ein Ast (III) nach oben und eine Adventivwurzel nach aussen und unten hervorgetreten; letztere hat das Blatt durchbohrt. Solcher können mehrere auf gleicher Höhe neben einander entstehen.

Anhangsweise ist zur Vergleichung mit der Gerste unter Fig. 21 auch die jugendliche Haferrispe dargestellt, die beginnenden Seiten-

verzweigungen etwas stärker vergrössert unter Fig. 22 und 23. Diese Stufe entspricht derjenigen der Gerste, welche unter Fig. 4 und 5 abgebildet ist.

Entwickelung des Flugbrandes (Tafel XIV.).

Zu Anfang ist die ergriffene Aehre noch fest in die Blätter eingeschlossen, in Farbe und Form auf den ersten Blick noch wenig verändert (Fig. 1.). Eine genauere Betrachtung zeigt jedoch, dass sie (ganz oder auch — in seltenen Fällen — nur theilweise bereits auf dieser Lebensstufe schon tief alterirt ist. Bei geeigneter Vergrösserung bemerkt man, dass der Rücken der unteren Spelzen wulstig aufgetrieben ist (Fig. 2), dass die Glumae und die Antheren in diese Masse eingeschmolzen sind. An anderen Blüthen bilden die Blüthenhüllen eine Art Sack (Fig. 3), welcher dickfleischig ist, wie man an dem Einschnitte in Fig. 4 (vorn) bemerken kann; dieselbe Blüthe zeigte dagegen vom Rücken betrachtet kaum eine Abnormität. Hier sind alle Theile — in Folge der parasitischen Affection — mit einander verwachsen; ein Ei ist nicht zu unterscheiden; unten und oben findet man Pilzsubstanz im Gewebe, doch sind die Griffel davon frei, der Griffelcanal normal. Auch die Grannen werden bald ergriffen (und somit zerstört oder unkenntlich), bald nicht. Das Gewebe selbst wird verdrängt und mehr oder weniger consumirt. — Bald fängt aber nun die Aehre an, braun und dann schwarz zu werden. Schält man sie zu dieser Zeit aus den einhüllenden Blättern heraus, so findet man sie in manchen Fällen (nicht immer) vollkommen eingesponnen in ein feines, fädiges Mycelium, welches die innere Blattoberfläche mit der äusseren Oberfläche der Blüthenspelze zusammenheftet;*) es überspinnt die letztere oft wie ein feines Maschennetz (Fig. 13, N.). Ganz dasselbe fand ich auch einigemal bei sehr jungen Brandähren des Hafers.**) Die Spelzen selbst bilden eine immer unvollkommener

*) Dies Verhalten erklärt die Entstehung der analogen Ustilago hypodytes auf der inneren Oberfläche der Blattscheiden des Getreides.

**) Auch Cladosporium herbarum scheint ein Endophyt zu sein. Ich fand einigemale bei sehr jungen Halmtrieben von Gerste auf dem letzten noch eingerollten und umscheideten (umhüllten) Blatte diesen Pilz in Massen aus den Spaltöffnungen auf der inneren Oberfläche hervorbrechend. Vgl. auch pag. 59 dieser Zeitschrift.

werdende Decke des Fruchtknotens u. s. w., im Verhältniss als der Pilz im Innern an Ausdehnung und Reife zunimmt. Anfangs, wo das Innere der Frucht auf dem Quer- und Längsschnitte noch weiss mit wolkigen und marmorirten bräunlichen Schattirungen erscheint, (Fig. 9), ist auch im Innern mikroskopisch neben der jungen Pilzmasse (wovon unten mehr) noch eine grössere oder geringere Menge des normalen Parenchyms und der Gefässe zu erkennen (Fig. 10), allerdings auffallend verschoben, zerdrückt, verbogen und ohne Stärkemehl. Weiterhin aber werden diese normalen Structurtheile (durch Resorption) vollständig beseitigt, und dieser Zerstörungsprocess ergreift zuletzt, mit vorschreitender Sporenreife, auch die junge Fruchtschale (einschliesslich der Blüthenhülle). Fig. 6. zeigt eine junge Aehre auf dieser Stufe in natürlicher Grösse, Fig. 7 eine einzelne Blüthe derselben, stärker vergrössert und von aussen betrachtet; Fig. 8 endlich im Längsschnitte, wo man nicht nur die noch unzerstörten äusseren Membrantheile und inneren Structurelemente an einzelnen Stellen durch ihre helle (weissliche) Farbe unterscheiden kann, sondern zugleich erkennt, dass die brandige Affection sich tief in die Spindel hinein fortsetzt; was übrigens nicht immer so vorkommt.

Untersucht man einen solchen äusseren Membranrest unter dem Mikroskope, so hält es meistens nicht schwer, von da nach innen sich fortsetzend eine mitunter bedeutende Menge von Myceliumfäden zu erkennen (Fig. 13), an welchen zahlreiche Sporen haften, welche, wie es scheint, nicht immer bloss zufällig (durch das Präpariren), an diese Stelle gelangt, sondern an Ort und Stelle entstanden sind. Diese Mycelfäden sind von sehr ungleicher Dicke und mehr oder weniger strotzend mit Plasma gefüllt, dabei mannigfach verbogen und äusserst reich verzweigt. — Das ganze Innere ist zuletzt mit nichts als Sporenpulver ausgefüllt, (das spärliche und feine Mycelium scheint also hier resorbirt zu werden) welches endlich die bis dahin noch ziemlich glatte, maroquinartig punctirte und feste Oberfläche durchbricht (wo dieselbe etwa noch mit Membranresten bekleidet war), oder zerberstet und nun auseinanderfällt und in alle Winde sich zerstreut.

Was die Bildung der Sporen betrifft, so bin ich trotz fleissiger Anwendung des Macerationsverfahrens sowie der Farbstoffimbibition, zu keinem für mich ganz befriedigenden Aufschlusse gekommen. Ich muss zwar mit meinen Vorgängern im Allgemeinen annehmen, dass

dieselben von den Mycelfäden durch Abschnürung entstehen, oder dass das Mycelium geradezu in Sporen zerfällt; denn ich habe wiederholt an halbreifen Stellen solches Mycelium aufgefunden, an welchem dieser Process nicht wohl zu verkennen war; Fig. 10 sind mehrere solcher Partien abgezeichnet. Auf der andern Seite sind die Sporen — selbst die ganz unreifen — mitunter so gross, dass es schwer wird, sich vorzustellen, wie dieselben aus den sehr feinen Mycelfäden durch Zerfallen sich bilden sollen, um so mehr, da ich diese Procedur selbst niemals wahrnehmen konnte. Wenn man Objecte wie Fig. 11 vor sich sieht, wo die stark lichtbrechenden und sehr auffallenden Zellenplasmata noch gar nicht, oder erst andeutungsweise mit einer Zellmembran (Sporenhaut) umgeben sind, so wird man in der That etwas zweifelhaft; an vielen dieser Kerne ist eine Zweitheilung kaum zu verkennen; auch die durch Maceration isolirten Plasmata (Fig. 12) derselben sehen meines Erachtens durchaus nicht so aus, als wenn hier eine durch Mycelfäden bedingte, kettenförmige Aneinanderreihung der Sporen stattfinde. Vielleicht hat der Process der Sporenbildung im vorliegenden Falle einige Aehnlichkeit mit der allseitigen Sprossung der Hefezellen (Vergl. m. Icones analyt. Fungor. t. 20 F. 13. 14); doch muss dies weiteren Forschungen überlassen bleiben. Besonders auffallend finde ich übrigens, dass die Pilzsubstanz stellenweise auf einer gewissen Stufe der Unreife weder mycelartig, noch sonst wie charakteristisch gestaltet ist, vielmehr eine grumös-breiige Masse mit feinen Pünktchen und kleinen Lücken (auf dünnen Durchschnitten) bildet, welche concav oder hohl sind, da sie beim Senken des Mikroskops aufblitzen (nach H. Welcker's Methode). Da man sehr häufig Plasmakerne ohne eine Spur umhüllender Membran um die Einzelnen findet (Taf. XIV., Fig. 11 a), so kann man hier eine gewisse Aehnlichkeit mit freier Zellenbildung, wie in der Peridie von Mucor, nicht verkennen. Diese Kerne sind in Aether und in Salpetersäure, sowie in chlorsaurem Kali, nicht löslich).

Inoculation.

Fragt man nun, auf welche Weise der Parasit an die Pflanze kommt, so sind folgende Möglichkeiten in Erwägung zu ziehen; 1) durch die Blüthe; nämlich in dem Sinne, dass etwa ein während der Blüthezeit durch Ustilago inficirter Fruchtknoten ein krankes Korn bildete,

welches im nächsten Jahre dann einen oder mehrere kranke Halme treiben würde. (Denn dass direct eine Infection mit sofortiger Sporenbildung in loco stattfinden könne, wird wohl heutigen Tages Niemand mehr glauben, in Erwägung dessen, was oben über das gleichzeitige Ergriffensein mehrerer Aehren aus demselben Stocke, selbst wenn sie noch ganz jung und fest in die Blätter eingewickelt sind, gesagt wurde; ferner in Betracht des Umstandes, dass, wie ich hinzufügen will, derartige Infectionsversuche zur Blüthezeit — deren ich viele ausgeführt habe — gänzlich erfolglos geblieben sind, d. h. Samen brachten, welche im folgenden Jahre keine brandährigen Pflanzen producirten; während eine Infection des Samens mit Sporenstaub bekanntlich in vielen Fällen gelungen ist.) Aber dann müsste man bereits in den Früchten der betreffenden Sommerähre Mycelium finden, was bisher nicht geschehen ist.*) — 2) durch die Spelzen und die Samenschale (Testa). Diese Annahme ermangelt jedes directen Beweises, indem Niemand die Keimfäden der Ustilago durch die harten und todten Zellen der Glumae und der Testa hat eindringen sehen. Es ist auch an und für sich ganz unwahrscheinlich, dass ein auf lebendes Gewebe angewiesener Parasit in diesen todten Zellen und Zellsäften die Bedingungen für sein Leben und seine Weiterentwickelung finden sollte. In dieser Beziehung verhalten sich bekanntlich viele Hyphomyceten und die Mycelien vieler Sphärien und grösserer Holzschwämme ganz anders. Man möge dabei im Auge behalten, dass die Perforation der Membranen durch Pilzfäden nicht mit dem Loche oder Risse verglichen werden kann, welchen etwa eine feine Nadelspitze hervorbringen würde. Denn dort ist kein Riss, vielmehr einfache, scharf begrenzte Perforation in Folge von Schmelzung und Resorption der Membranstelle. Diese aber setzt eine Assimilation, eine Ernährung voraus; und man wird schwerlich annehmen können, dass sich die Mycelfäden der Ustilago von lebenden und von todten Zellen gleichmässig ernähren können. — 3) Durch die ausbrechenden Keimwurzeln der Gerste, oder genauer ausgedrückt, durch den Zwischenraum zwischen der inneren Seite der

---

*) Es wird hier unnöthig sein, den Keimungsprocess der Ustilago näher zu schildern, da er einfach und allgemein bekannt ist. Näheres findet man u. A. in meinen Untersuchungen über d. Keimung der Pilzsporen in „Jahrb. f. wiss. Bot. II. 1860. S. 272."

aufgerissenen Wurzelscheide (Coleorhiza) und den jungen Wurzeln. In der That habe ich in Folge der Application der Sporen an diese Stelle ein massenhaftes Mycelium sich entwickeln und nach innen und oben emporsteigen gesehen (Fig. 14, wo man bei a die Perforation einer Zellwand sieht, bei b eigenthümliche Gebilde, welche mir den Eindruck von Saugorganen machen. Die Fäden liegen nicht, wie es nach der Zeichnung scheinen könnte, alle in derselben Ebene, laufen vielmehr in ganz verschiedener Tiefe in allen Richtungen zwischen und durch das Zellgewebe hindurch, welches letztere nur der grösseren Deutlichkeit wegen hier grösstentheils weggelassen ist.) Auf diesem Wege nun habe ich in der That das Mycelium bis dicht an den Vegetationspunkt (die zukünftige Aehre) verfolgen können;*) und da es mir nun auch gelungen ist, das Mycelium (s. o.) auf der inneren Oberfläche der zuletzt gebildeten Blätter, so wie in der Aehrenspindel selbst und dem Halme**) bis $2^{1}/_{2}$ Zoll abwärts von der Aehre in einzelnen Fällen — mitunter als braunschwarzen Strich, mit der Lupe schon erkennbar***) — sicher nachzuweisen, so sehe ich keinen Grund, zu zweifeln, dass dies der normale oder doch der vorzugsweise übliche Weg für die natürliche Inoculation ist. — 4) Durch den primären Knoten (Taf. XII, Fig. 6 n.). Dieser Punkt wird zwar schwer von den Keimfäden der Sporen zu erreichen sein, welche den Spelzen der Frucht äusserlich anhaften; indess ist es immerhin möglich. (Vergl. Taf. XII, Fig. 21 u. 27). Gewiss ist, dass es mir bei directer Application der Sporen an diese Stelle (nach Aufschlitzung der äusseren

*) In einem Falle betrug die Entfernung nur noch $^{2}/_{100}$ p. Linien. – Dass das betreffende Mycelium kein zufälliges, fremdes war, geht daraus hervor, dass es sich bei allen inficirten Pflanzen ganz gleich verhielt; dass es ferner mehrfach gelang, dasselbe selbst auf den mikroskopischen Schnitten noch im Zusammenhange mit einzelnen Sporen zu erkennen.

**) Auch Kühn fand Mycelfäden von Ustilago destruens Schlecht. in den obersten Stengelknoten einer ausgebildeten Hirsepflanze; ferner im Marke der Spindel eines Maiskolbens (Krankh. d. Cult. Gew. XV. 65. 73.) De Bary scheint eine Brandpustel an einem „Stengel“ von Mais gefunden zu haben (Brandpilze S. 123). Auch bei brandigen Haferrispen konnte ich dicht unterhalb der ersten Verzweigung Mycelium im Innern des Halmes nachweisen.

***) An einer solchen Stelle von etwa 1 Linie Länge am oberen Halmende einer Gerstenpflanze (unterhalb der Achre) fanden sich bei der mikroskopischen Untersuchung gewisse Reihen von Parenchymzellen im Innern strotzend gefüllt mit Sporen des Flugbrandes, der also auch hier sich ausbilden kann.

Hüllen) gelungen ist, deren Keimschläuche in's Innere eindringen zu sehen; wie tief, weiss ich nicht. Stomata sind allerdings zu Anfang nicht vorhanden, selbst zur Zeit, wo die Vaginula bereits die Länge der Frucht erreicht hat; sie bilden sich dann aber bald aus. Dass übrigens die Keimfäden überhaupt in Stomata eindringen können, glaube ich sicher beobachtet zu haben (vergl. Fig. 18, vom Halme von Secale cereale, unterhalb (im Innern) einer Blattscheide an der lebenden Pflanze geimpft). In der That ist der Spalt des Stoma im geöffneten Zustande gross genug, um nöthigenfalls eine ganze Spore aufzunehmen (Fig. 17, Taf. XIV, eine Spaltöffnung von der Vaginula der Gerste darstellend). Gewöhnlicher aber ist es allerdings, dass die Keimfäden, ohne in die Stomata einzudringen, darüber hinweggleiten (Fig. 16, von der Basis eines geimpften Halm-Internodiums). Wie leicht es übrigens diesem Mycelium und den Keimfäden ist, die zarten lebenden Zellwände selbst zu durchdringen, zeigt deutlich Fig. 15, wo ein Zweig in das Innere eines Wurzelhaares eingedrungen ist, sich dort verzweigt hat und an zwei verschiedenen Stellen wieder ausgetreten ist. — Ich bemerke, dass auch Kühn (l. c., S. 49) die Keimfäden der Brandpilze „in der Gegend des Wurzelknotens“ im Gewebe auffand, und zwar, wie er hinzufügt, ausschliesslich, nämlich nicht „an den Wurzelspitzen“. De Bary schloss aus seinen früheren Beobachtungen (Brandpilze 123), dass diese Parasiten durch die Oberhaut, nicht von der Wurzel her eindringen. Doch scheint ihm neuerdings auch letzteres möglich (Morphologie u. Ph. d. P. 1865, pag. 220).

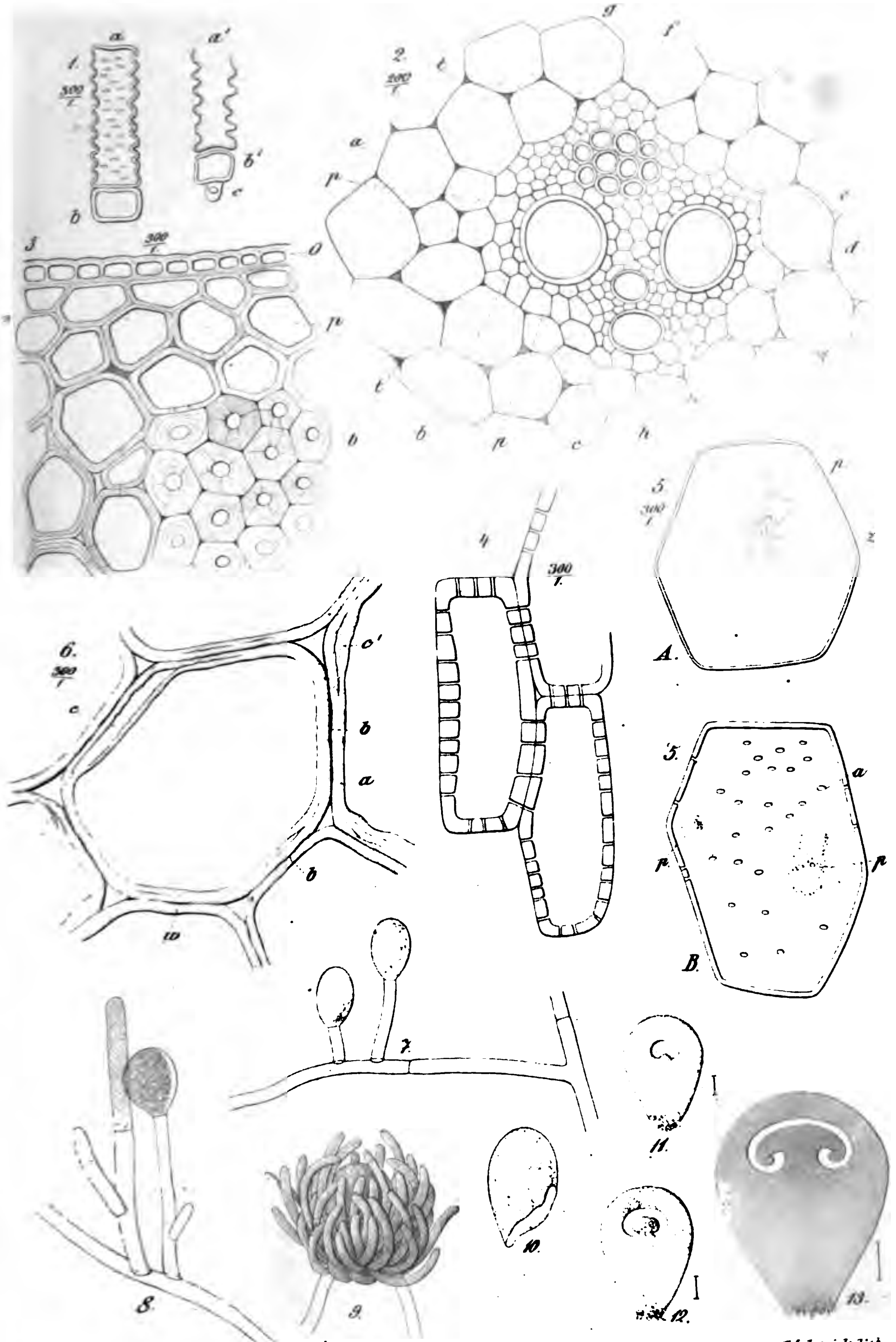
Entscheidend dürften endlich die absichtlichen Impfversuche sein, deren ich in den Jahren 1856—1862 mehrere Hundert angestellt habe, allerdings fast in allen Fällen ohne Erfolg. Die erfolgreichen waren nur solche — und selbst dies nur wenige Male —, wo die Sporen a, auf die eben gesprengte Wurzelscheide, oder b, auf den künstlich entblössten primären Knoten gebracht wurden, oder c, mittelst Einbohrung einer Nadelspitze durch die junge Vaginula von oben her auf die Region des Vegetationspunktes (Ein gelungener Fall); was das oben Gesagte direct bestätigt. Pflanzen mit brandigen Aehren wurden auf diese Weise erzielt. Warum der Versuch so auffallend selten gelang, obschon die grösste Sorgfalt auf genügende — doch mässige — Feuchthaltung der mit keimenden Sporen bedeckten Infectionsstelle verwendet wurde, ist weiter zu untersuchen. Ungünstige Temperatur-

verhältnisse halte ich nicht für die Ursache, da sich meine Versuche durch fast alle Jahreszeiten erstrecken. In die Einzelheiten hier einzugehen, würde ermüdend und zwecklos sein. — Es mag daran erinnert werden, dass das nach den Jahrgängen mehr oder weniger zahlreiche Auftreten des Flugbrandes auch im Freien noch keineswegs genügend erklärt ist. — Misslungen sind dagegen alle folgenden Versuche, nämlich mittelst Application der Brandsporen auf die oben geöffnete Vaginula (oberes Ende); auf das Eiweiss (Taf. XII, Fig. 22); oder mittelst einer Messerspitze nach seitlicher Aufspaltung — Durchschneidung — der jungen Vaginula und der inneren Blattanlagen in der Gegend des Vegetationspunktes (auf der in Taf. XII, Fig 29 dargestellten Entwickelungsstufe); *) endlich auf den Zwischenraum (Winkel) zwischen Vaginula und Cotyledon, welche Stelle durch dieselbe Figur verdeutlicht wird. — Auch bei der Hirse (Panicum miliaceum) habe ich mit Ustilago destruens einige Impfversuche mit Erfolg ausgeführt, indem ich den Flugbrand auf den mit Speichel befeuchteten Samen brachte und diesen dann in ausgekochter Erde keimen liess. Von 6 so behandelten Samen entstanden 3 Pflanzen mit brandigen Rispen.

Als Endresultat dieser Untersuchung würde sich demnach ergeben, dass die Keimfäden des Flugbrandes durch die geborstene Wurzelscheide oder auch durch den primären Knoten (oder dicht über ihm) eindringen, das innere der Gemmula erreichen, mit den jüngsten Blättern und der jungen Aehre sich bei der Streckung des Halmes in die Höhe heben, um endlich in den Blüthen ihre letzte Entwickelungsstufe zu erreichen. —

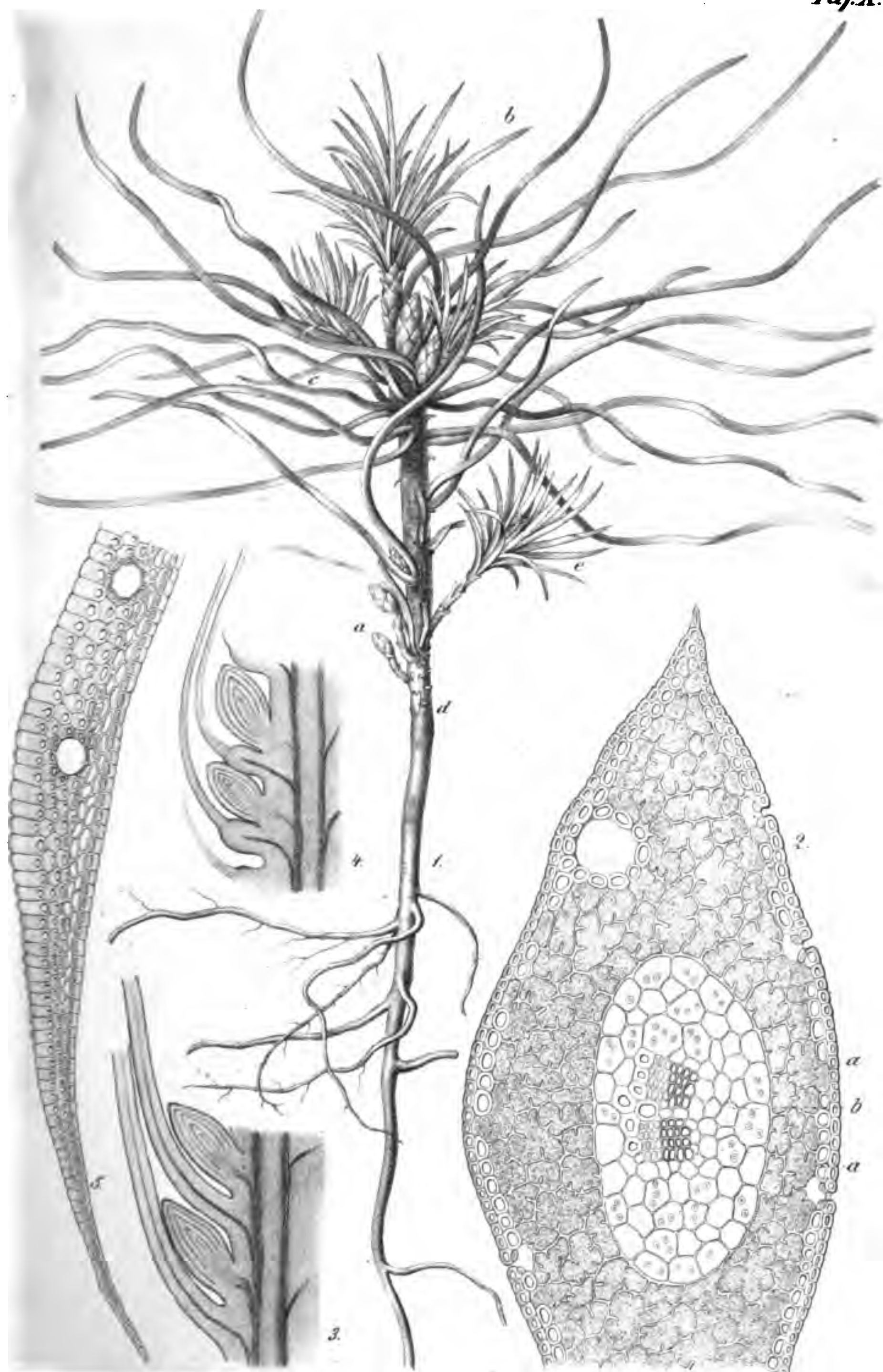
*) Bei Ustilago destruens ist mir indess diese Methode einmal geglückt. Die Hirsepflanze war 2½ Zoll hoch, der Einschnitt wurde 2 Lin. über dem Boden gemacht. Die Pflanze hatte damals vier entwickelte Blätter und ein eingerolltes (das innerste).

Berlin, Druck von W. Büxenstein.



C. F. Schmidt lith.

Autor del.



Nach d. Natur gez. v. St. Paul.

C. F. Schmidt lith.

Taf. XI.

Fig 1.

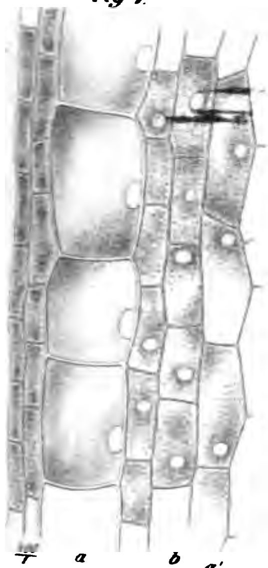


Fig. 2.

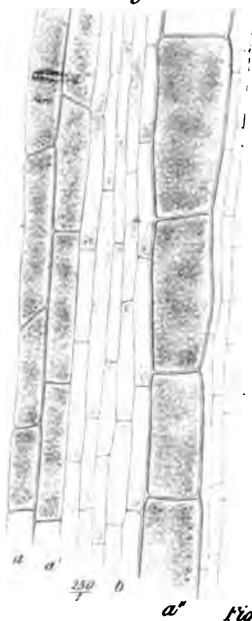


Fig. 3.

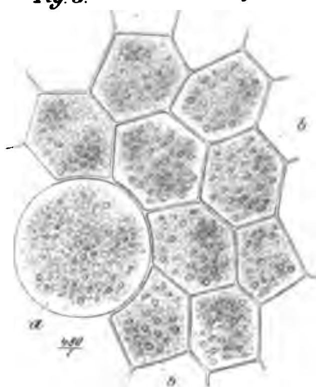


Fig. 5.

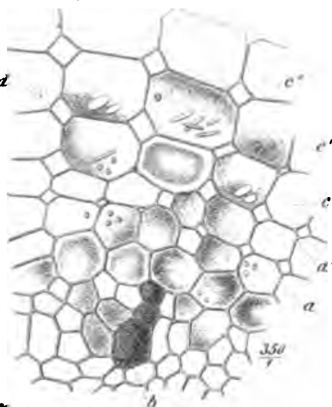
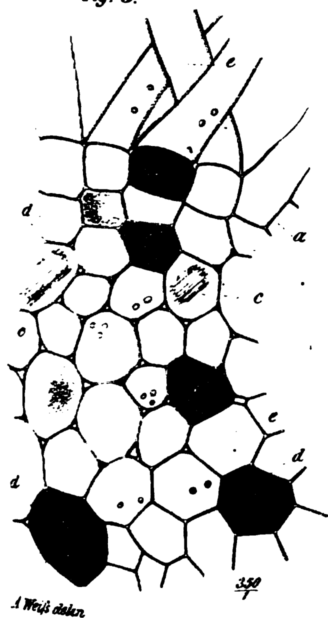


Fig 4.

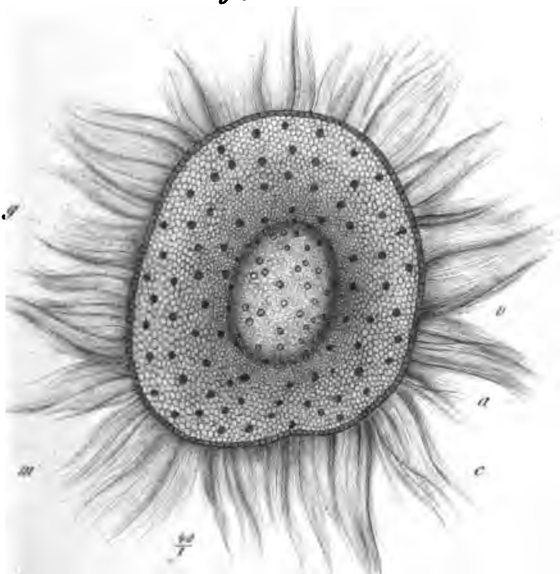


Fig. 6.



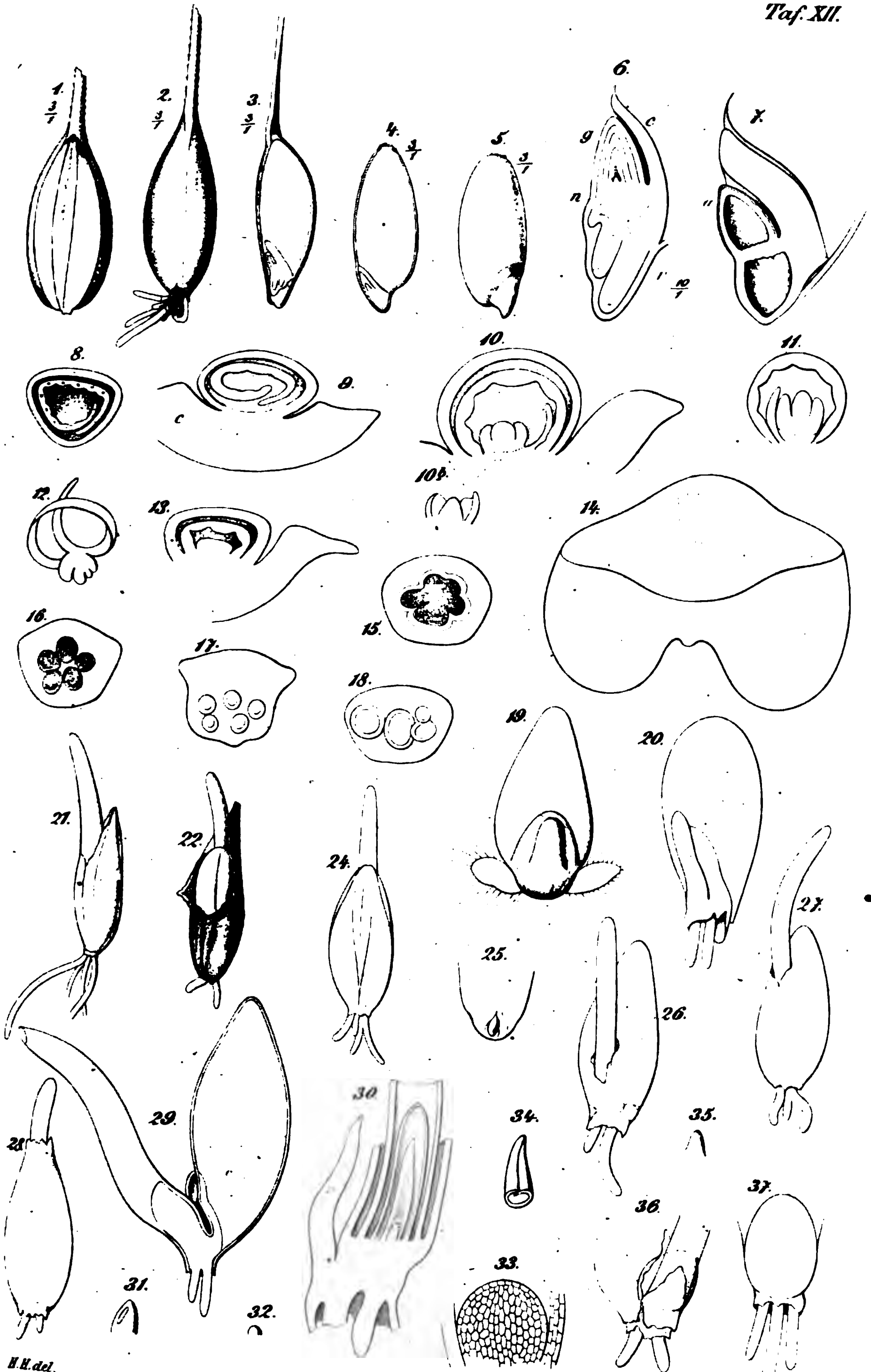
A Weiß delin

Fig. 7.



C F Schmidt lith

Taf. XII.



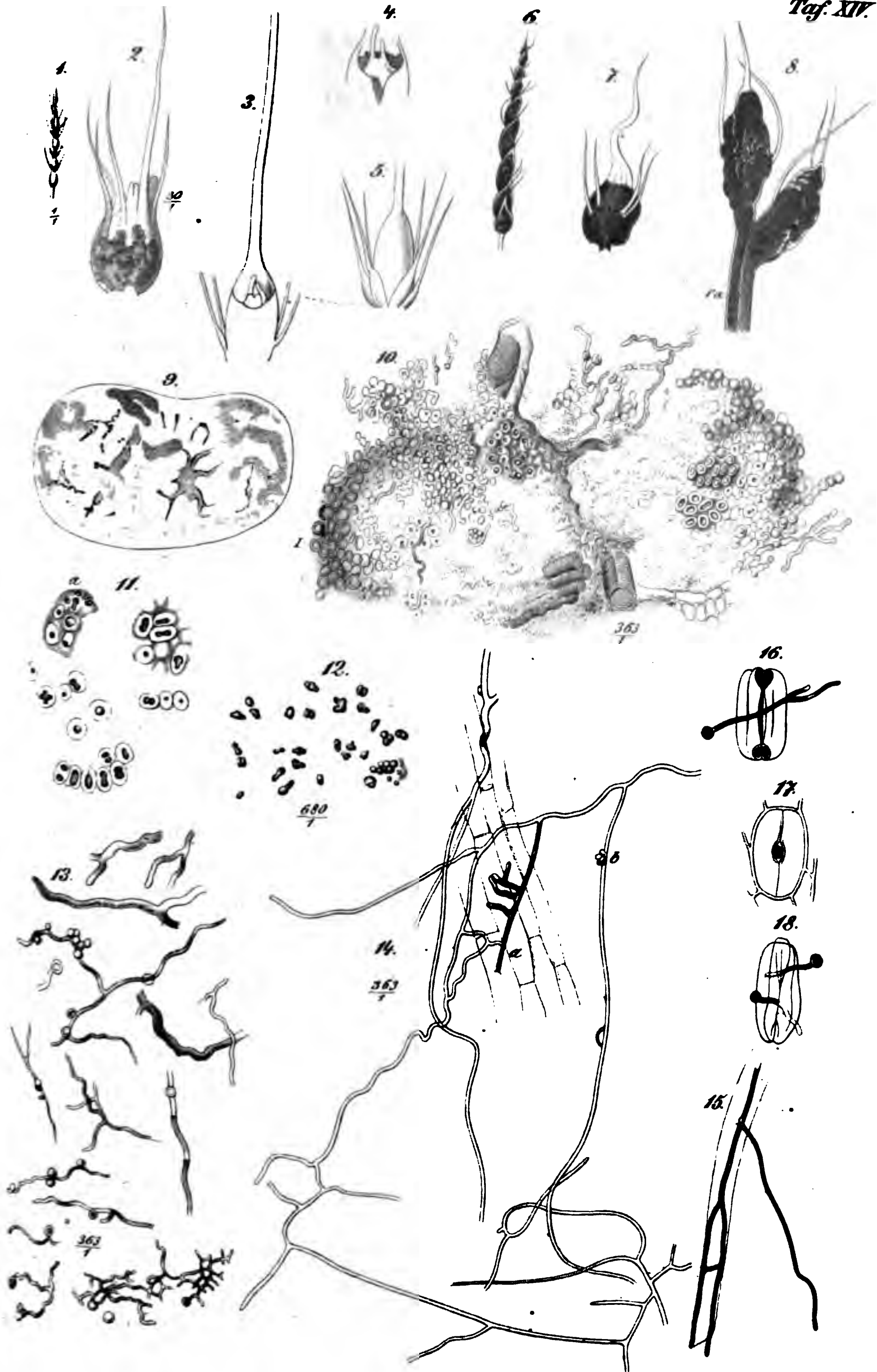
H. H. del.

C. F. Schmidt lith.



C. F. Schmidt lith.

Taf. XIV.



C. F. Schmidt lith.

Botanische Untersuchungen

aus dem

physiologischen Laboratorium

der

landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin.

Mit Beiträgen

deutscher Physiologen und Anatomen.

Herausgegeben

von

H. Karsten.

Drittes Heft.

Berlin.

Verlag von Wiegandt und Hempel.

1866.

Botanische Untersuchungen

aus dem

physiologischen Laboratorium

der

landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin.

Mit Beiträgen

deutscher Physiologen und Anatomen.

Herausgegeben

von

H. Karsten.

Drittes Heft.

Berlin.

Verlag von Wiegandt und Hempel.

1866.

Inhalt.

Der Fichtenrostpilz (Chrysomyxa Abietis Ung.) und seine Beziehung zum Stärkemehl der Fichtennadel.

Von

M. Willkomm.

(Hierzu Taf. XV.)*)

Im März dieses Jahres erhielt ich durch den Königl. sächsischen Oberförster v. Witzleben vom Colditzer Forstrevier eine Parthie Fichtenzweige, deren Nadeln von der sogenannten Gelbfleckigkeit befallen waren, mit dem Ersuchen, diese Krankheit, welche auf genanntem Revier seit dem Sommer 1865 in einer bedenklichen Weise aufgetreten war, näher zu untersuchen. Ich unterzog mich dieser Arbeit um so bereitwilliger, als sie mir Gelegenheit bot, zu constatiren, ob die bereits von meinem Vorgänger Professor Dr. Stein im IX. Bande des Tharander Jahrbuchs (1853) und vom Stud. Max Rees in No. 51 und 52 der Botanischen Zeitung von 1865 über dieselbe Krankheit veröffentlichten Untersuchungen richtig seien und ob eine vom Forstrath Dr. Hartig in den Verhandlungen des Harzer Forstvereins vom Jahre 1864 beschriebene Krankheit der Fichtennadeln mit jener übereinstimme oder nicht. Letztere Frage konnte ich sofort bejahend beantworten, da ich kurz zuvor von Hartig selbst nicht allein hinlängliches Material, sondern auch einen die Entwickelungsgeschichte des Pilzes, welchen Stein und Rees als die Ursache

*) Zum Druck eingesendet den 7. August 1866. D. R.

jener Nadelkrankheit betrachten, in eingehender Weise besprechenden und von meisterhaft gezeichneten Abbildungen begleiteten Aufsatz im Manuscript zur Benutzung mitgetheilt und erhalten hatte.*) Da Hartig sowohl in dieser bis jetzt noch nicht veröffentlichten Abhandlung als auch in der kurzen auf S. 62 der genannten Forstvereinsschrift befindlichen Mittheilung behauptet, dass der fragliche Pilz nicht aus von aussen in die Nadel eingedrungenen Keimen, sondern aus dem Stärkemehl der Fichtennadel entstehe, und zwar ein Umwandlungsproduct der Stärkekörner sei; da diese Anschauung aber nicht allein mit der von der Mehrzahl der jetzigen Naturforscher vertretenen Ansicht über die Entstehung der Pilze überhaupt, sondern auch ganz besonders mit den Ergebnissen der von Rees gemachten Untersuchungen und Versuchen in diametralem Widerspruch steht: so musste es mir doppelt interessant sein, mich durch eigene Untersuchungen zu überzeugen, welche von beiden Ansichten den meisten Glauben verdienen dürfte. Bevor ich aber zu meinen eigenen Beobachtungen übergehe, halte ich es für gut, den Namen des in Rede stehenden Pilzes festzustellen. Unter Bezugnahme auf die von Rees ausführlich mitgetheilte Geschichte der fraglichen Fichtennadel-Krankheit bemerke ich, dass der in und auf den kranken Nadeln auftretende Pilz zuerst von Wallroth beschrieben und Blennoria Abietis genannt worden ist (1831, 1833, 1834). Später (1840) wurde derselbe Pilz von Unger untersucht und unter dem Namen Chrysomyxa Abietis als eigene Gattung aufgestellt. Hartig hält den fraglichen Pilz in den mehrfach erwähnten Mittheilungen des Harzer Forstvereins für identisch mit Peridermium elatinum Rabh., während er ihn in seiner handschriftlichen Abhandlung Caeoma piceum nennt. In Anbetracht nun, dass dieser Pilz weder eine Blennoria noch ein Caeoma ist, sondern wie Rees bewiesen hat, ein Rostpilz, und dass derselbe mit Peridermium elatinum ebenfalls nichts gemein hat, bleibt nur der Unger'sche Name als der allein beachtenswerthe übrig, welcher auch um so passender ist, als der Inhalt der Myceliumschläuche und Sporen wirklich ein goldgelber Schleim (resp. fettes Oel, χρυσῆ μύξα) ist. Da nun dieser Pilz zu den Rost-

*) Vergleiche den „Nachtrag" am Schlusse des I. Heftes meiner „Mikroskopischen Feinde des Waldes." (Dresden, 1866.)

pilzen (Uredineen) gehört, so möchte ich ihn fernerhin als Fichtenrostpilz und die Krankheit selbst als Nadelrost der Fichte bezeichnet wissen.

Es wäre nach den gewissenhaften und eingehenden Schilderungen von Stein und Rees überflüssig, hier nochmals eine ausführliche Beschreibung dieser Krankheit und des sie verursachenden Pilzes zu geben. Ich will daher nur im Interesse derjenigen Leser dieser Blätter, welche entweder keine Kunde von den genannten Arbeiten haben oder denen dieselben nicht zugänglich sind, so viel bemerken, dass sich die Krankheit an den jungen diesjährigen Nadeln (der Maitriebe) bald schon im Juni, bald erst Anfang bis Mitte Juli zu zeigen beginnt, indem sich dann an den Nadeln gelbliche Quergürtel und Flecken bilden. Diese färben sich allmälig immer intensiver gelb und die mikroskopische Untersuchung ergiebt, dass das Parenchym der Nadel innerhalb der gelben Stellen von zarten verzweigten Myceliumfäden durchzogen ist, welche mit bald runden bald unregelmässigen Tropfen eines anfangs blassgelblichen, zuletzt gold- bis orangegelben fetten Oeles mehr oder weniger reichlich erfüllt sind. Gegen Ende des Sommers treten an der untern Fläche der Nadel auf den gelben Stellen braune Längsstreifen hervor, welche sich bis Ende October zu linealen rothbraunen Pusteln ausdehnen. Dieselben werden durch das mittlerweile im Innern der Nadel zur Entwicklung gelangte Fruchtlager veranlasst, welches unmittelbar unter der Oberhaut liegend diese auftreibt. Ein solches Fruchtlager erscheint aus einer grossen Menge dicht neben einander stehenden keulenförmigen Zellenreihen zusammengesetzt, welche aus einem engmaschigen Geflecht sehr zarter Fäden, die ihrerseits aus eng verflochtenen Zweigen der Myceliumschläuche bestehen, senkrecht gegen die Oberhaut der untern Nadelfläche hervorgewachsen sind. Auf diesem Stadium verharrt der Pilz bis zum Beginn des nächsten Frühjahrs, wo die Pusteln stärker anschwellen, bis endlich die Oberhaut aufplatzt, worauf aus derselben ein sammtartig anzufühlendes orangegelbes Polster hervortritt, welches im Mai eine intensiv goldgelbe Färbung annimmt. Später sinkt dasselbe zusammen, färbt sich dunkelbraun oder erbleicht auch, wonach auch die noch grünen Parthien der Nadel bleich werden. Zuletzt (im Juli) fällt die mittlerweile trocken gewordene Nadel ab. Die orangegelben über die Oberhaut emporgetretenen Polster sind nichts anderes

als die hervorgebrochenen Fruchtlager, die zu keulenförmigen gegliederten Schläuchen an einander gereihten, ebenfalls mit goldgelbem Oel reichlich gefüllten Zellen desselben die eigentliche Sporen des Pilzes. Bis hierher ist die Entwickelungsgeschichte des Pilzes schon von den früheren Beobachtern, namentlich von Stein richtig geschildert worden, aber auch Stein hielt die erwähnten Zellenreihen des Fruchtlagers nicht für Sporenketten, sondern für blosse Saftfäden (Paraphysen) und eine Sphaeria, welche si h zufällig auf alten Fruchtlagern angesiedelt hatte (Sphaeria navicularis Wallr.), irrigerweise für die wahre Fructification des Pilzes. Die Verfolgung der weiteren Entwickelungsgeschichte ist das unbestreitbare Verdienst von Rees. Dieser junge Forscher beobachtete zuerst, dass in feuchter Luft die aneinander gereihten Zellen der keulenförmigen Schläuche, ohne sich abzulösen, keimten, und zwar ein Promycelium ganz in der Weise der keimenden Dauersporen (Teleutosporen) der bis jetzt untersuchten Rostpilze (Puccinia) entwickelten, dass an diesen zarten, verschieden gestalteten Schläuchen des Promyceliums sich stielartige, seitliche Ausstülpungen (Sterigmen) und an deren Ende eine secundäre Spore (Sporidie) von kugliger Form bildeten, und dass diese in Unmasse erzeugten Sporidien abfielen und im Wasser des Objectträgers keimten und ein Mycelium entwickelten. Ich freue mich, alle diese schönen Beobachtungen im Allgemeinen als vollkommen richtig bestätigen zu können, da ich so glücklich war, in der Nähe meines Wohnorts Anfang Mai einige von dem Nadelrost befallene Fichten zu finden. Doch habe ich Manches etwas anders gefunden, als wie Rees es beschreibt und abbildete, worauf ich weiter unten näher eingehen will. Es ist nun Rees auch auf experimentellem Wege gelungen, das Keimen von auf junge gesunde Fichtennadeln übertragenen Sporen und das gewaltsame Eindringen ihrer Keimschläuche durch die Wandung der Oberhautzellen hindurch in das Innere der Nadeln direct zu beobachten, und somit den Beweis zu führen, dass die Chrysomyxa ein echter Schmarotzerpilz sei und die Krankheit hervorbringe. Die zwei Versuche, welche ich selbst nach Rees' Angaben gemacht habe, blieben erfolglos, und da der mittlerweile ausbrechende Krieg, welcher auf mehrere Wochen jede wissenschaftliche Thätigkeit lähmte, die Anstellung weiterer Versuche vereitelte, so vermag ich allerdings jene wichtige Beobachtung nicht zu bestätigen. In Anbetracht jedoch, dass Rees selbst viele Ver-

suche erfolglos angestellt hat, bevor ihm jene Beobachtung zu machen glückte, dass auch ich wenigstens ein Fleckigwerden einzelner Nadeln gesunder Maitriebe, welche unter einer Glasglocke in feuchter Atmosphäre mit fructificirende Chrysomyxapolster tragenden Nadeln in Berührung gebracht worden waren, und in deren Innerem bereits entwickelte Mycelien beobachtet habe, dass ich endlich die Rees'sche Wahrnehmung, nach welcher in der Natur nur die jungen Nadeln solcher Fichtenzweige und Fichten von der Krankheit befallen werden, welche in der Nähe von bereits kranken Fichten sich befinden, ebenfalls gemacht habe: scheint es mir ungerecht, gegen die Richtigkeit der von Rees beobachteten Thatsache irgend welche Zweifel zu erheben.

In Ergänzung resp. Berichtigung des von Rees Beobachteten erlaube ich mir hier Folgendes einzuschalten:

1. In den das Parenchym der Nadel durchwuchernden Myceliumschläuchen habe ich wirkliche Scheidewände nur selten zu entdecken vermocht. Wohl aber erscheint der goldgelb gefärbte Inhalt, welcher nicht allein aus Oel, sondern auch aus granulösem Protoplasma besteht, durch Vacuolenbildung an vielen Stellen zusammengezogen oder getheilt, so dass er oft gitterartige Massen bildet und die engeren leeren Zwischenräume wie zarte farblose Querwände aussehen. Noch häufiger und deutlicher ist diese gitterförmige Vertheilung des Inhalts in den Promyceliumschläuchen, welche übrigens stets gegliedert sind (Fig. 2, 3).

2. Die Promyceliumschläuche treten unter den verschiedenartigsten Formen auf. Meist habe ich beobachtet, dass aus der Spitze einer Spore ein langer fadenförmiger farbloser Schlauch hervortritt, welcher an seinem Ende das mit goldgelbem Inhalt reich versehene Promycelium entwickelt (Fig. 1, a. b.); seltener treten mehrere stärkere gegliederte Schläuche hervor, deren Endzellen mit dem goldgelben Inhalt angefüllt sind (Fig. 2). Die Promyceliumschläuche sind anfangs blos mit durch Vacuolenbildung gitterartig vertheilten Protoplasma angefüllt, erst später bilden sich Scheidewände und Oeltropfen aus (Fig. 3). Die an ihnen sich bildende Aestchen (Sterigmen) sind nicht allein vorwärts, sondern oft rückwärts gerichtet (Fig. 1, a. b), bald kurz, bald auffallend lang (Fig. 4.)

3. Die Sporidien sind nicht einfach, sondern doppelt häutige

Zellen. Beim Keimen stülpt sich häufig die innere mit dem goldgelben granulösen Protoplasma erfüllte Hülle aus der völlig farb- und structurlosen, äussern durchbrochenen Schale heraus (Fig. 5a). Auch bildet der hervortretende Keimschlauch beim Keimen auf einer Glasplatte nicht immer eine secundäre Sporidie, in welche das Protoplasma übergeht (Fig, 5b, c), sondern häufig wächst er geradlinig oder gekrümmt fort, sich gegen seine Spitze verjüngend (Fig. 5d), oder verzweigt sich auch unregelmässig (Fig. 5e). Der verlängerte Keimschlauch ist stets mit goldgelben Oeltröpfchen angefüllt (Fig. 5d) und sieht daher bereits einem ausgebildeten Myceliumfaden aus dem Innern der kranken Nadel täuschend ähnlich.

Noch will ich erwähnen, dass die Sporen (Teleutosporen) am schnellsten keimen, wenn man entweder abgeschälte Fruchtpolster oder mit solchen besetzte Nadeln in ein mit Wasser gefülltes Schälchen so legt, dass sie auf dem Spiegel des Wassers schwimmen, ohne (die Polster) vom Wasser selbst benetzt zu werden, hierauf eine Glasglocke über das Schälchen stülpt und die Sonne darauf scheinen lässt. Gewöhnlich schon am nächsten Tage sieht man mit der Loupe, dass sich über jedem Polster so zu sagen ein kleiner Wald zarter schimmelartiger Fädchen gebildet hat (Promyceliumschläuche), welche ein goldgelbes Pulver (die Sporidien) abscheiden und damit bedeckt sind.

Nach den hier mitgetheilten Ergebnissen der Rees'schen und meiner eigenen Untersuchungen dürfte es eigentlich überflüssig erscheinen, noch auf eine Widerlegung der Hartig'schen Ansicht einzugehen. Da aber auch Rees und Stein über die Beziehungen, in welchen der Pilz zum Stärkemehl der Fichtennadel steht, Behauptungen aufstellen, welche nach meinen Beobachtungen auf einem Irrthum beruhen und ich deshalb genöthigt bin, die Entwickelungsgeschichte des Stärkemehls in der Fichtennadel und das Verhalten des Parasiten zu diesem Stärkemehl ausführlich zu erörtern, so will ich hier auch die Theorie Hartig's auf Grund eigener Untersuchungen näher beleuchten. Hartig schildert an der citirten Stelle der Verhandlungen des Harzer Forstvereins die Entwickelung des Fichtenrostpilzes folgendermaassen:

„Die in den Zellen gesunder Nadeln durch ein grün gefärbtes Bindemittel zu kugelmantelförmigen Schichten vereinten, um den Zellkern lagernden Stärkemehlkörner lösen sich zuerst theilweise aus ihrem

früheren Verbande, unregelmässige, isolirte Complexe mehrerer Mehlkörner bildend, die gemeinschaftlich die Grundlage einer schon bei ihrem Entstehen mehrästigen Faser bilden. Diese Mehlkörnercomplexe nehmen allmälig eine gelbliche Farbe an und selbst der Zellkern geht aus seiner ursprünglichen Farblosigkeit in die gelbe Farbe über. Anfänglich zeigt sich der äussere scharfe Umriss der Körnerreihen von der durch Jod sich tiefblau färbenden Substanz nur durch einen schmalen ungefärbten Raum geschieden. Allmälig breiter werdend, gestaltet sich letzterer endlich zum Fasergliede, während das goldgelbe, durch Jod sich fortdauernd blau färbende Mehlkorn zum tropfenförmigen Körper sich abrundet. Jetzt erst tritt Zellentheilung und Längenwachsthum des ursprünglich auf den Zellraum beschränkten, hauptsächlich an den Wänden desselben hinlaufenden Pilzfadens ein, der sich anfänglich auf die innere Wandungsfläche derjenigen Zelle beschränkt, in der er entstanden ist, später erst, die Wandung durchbrechend, in die Intercellularräume des Blattgewebes hineinwächst. Mit dem Verschwinden des Mehls bleiben endlich in den Zellen reichliche Mengen krystallinischer Körper zurück."

Bevor ich auf meine eigene Beobachtung über die Entwickelungsgeschichte des Myceliums eingehe, will ich mir eine kurze Bemerkung über den anatomischen Bau der Fichtennadel erlauben. Das zwischen der unter der dickwandigen Oberhaut liegenden Bastzellenschicht und dem centralen Gefässbündel befindliche, stärkeerzeugende Parenchym besteht, wie man sich leicht auf einem horizontal durch die Nadel geführten (der oberen oder unteren Fläche parallelen) Längsschnitt überzeugen kann, aus quergestellten, senkrechten, durch breite Intercellularräume getrennten Schichten unregelmässig geformter Zellen, weshalb die Nadel so zu sagen der Quere nach gefächert und ihr Parenchym auf einem zarten senkrechten Längsschnitt aus unregelmässig perlschnurförmigen, durch weite Intercellularräume geschiedenen Zellenreihen zusammengesetzt erscheint (Fig. 6). Senkrechte Querschnitte, welche genau rechtwinklig auf die Längenaxe der Nadel geführt sind, zeigen, mögen sie nun eine Parenchymschicht (eine solche besteht stets aus einer einzigen Schicht von Zellen) oder einen Intercellularraum getroffen haben, ein den Innenraum der Nadel vollständig ausfüllendes Zellgewebe mit einzelnen engen Intercellulargängen, während etwas schiefe Querschnitte, in welchen eine solche Parenchymschicht theil-

weis weggeschnitten sein wird, auf der einen Seite einen leeren Raum, den theilweis blossgelegten Intercellularraum, wahrnehmen lassen. Obwohl ich nun das Eindringen der Keimschläuche von aussen her nicht beobachten konnte, so glaube ich doch die erste Entwickelung des Myceliums im Innern der Nadeln gesehen zu haben. Nach dem soeben Mitgetheilten ist es klar, dass die Frage, ob sich das Mycelium inner- oder ausserhalb der Parenchymzellen bildet, nur durch Untersuchung von Längsschnitten gelöst werden kann. Möglicherweise kann ich mich getäuscht haben, aber ich glaube das jugendliche Mycelium, welches aus unendlich zarten, farblosen, undeutlich contourirten und kaum bereits Oeltröpfchen enthaltenden Fäden besteht, die wegen ihrer Zartheit sich mit der Camera lucida nicht zeichnen lassen, nur in den Intercellularräumen gesehen zu haben, und zwar zu einer Zeit, wo in den mit grünem Protoplasma erfüllten Parenchymzellen Stärkebildung durch Jod noch nicht bestimmt nachzuweisen war. Das Parenchym der jungen Fichtennadel ist nämlich längere Zeit — je nach dem Standort des Baumes bis Anfang, Mitte oder Ende Juni — mit grüner undeutlich körniger Masse, welche, den Wandungen der Zelle anliegend, nach dem mit farblosem Saft erfüllten Innenraum lappig hineinragt, ausgekleidet. In dieser Masse, welche offenbar Chlorophyll ist, aber kein in Körner geschiedenes, und welche ich deshalb nach Sachs grünes Protoplasma nenne, befindet sich auch der ziemlich grosse, ebenfalls grün gefärbte Zellkern. Weil der grössere Theil des Innenraumes jeder Zelle mit farblosem Saft erfüllt ist, erscheint die junge Fichtennadel hellgrün. Später, um die oben angegebenen Zeiten, findet eine Sonderung dieser grünen Masse in rundlich eckige Körner statt, in ganz ähnlicher Weise, wie die Bildung der Chlorophyllkörner der Georgine von Sachs (Experimentalphysiologie, S. 318) dargestellt worden ist. So lange diese Absonderung in Körner noch nicht stattgefunden hat, färbt sich das formlose Chlorophyll mit Jod nur schmutzig olivengrün; dagegen lassen die Körner sehr bald nach ihrer Bildung mit Jod eine blaue Färbung in ihrem Centrum erkennen, welche um so mehr zunimmt je älter die Körner werden. Mit dieser Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern, die sich schliesslich fast ganz und gar in Stärkekörner umwandeln, beginnt zugleich eine Vermehrung dieser Körner, so dass die Parenchymzellen sich bis spätestens Ende Juli mit dergleichen Körnern, welche dicht aneinander

gedrängt liegen, anfüllen. Dadurch erhält die Fichtennadel allmälig eine dunkelgrüne Farbe, denn jene Körner, obwohl sie fast ganz und gar aus Stärke bestehen, sind grün und mögen deshalb früher für blosse Chlorophyllkörner gehalten worden sein. Bei der Vermehrung der Körner scheint mir der Zellkern eine Rolle zu spielen. Ich habe nämlich wiederholt beobachtet, dass in bereits mit in Stärke umgewandelten Chlorophyllkörnern theilweis angefüllten Zellen anstatt eines Zellkerns Gruppen oder Haufen sehr kleiner grünlicher Körnchen vorhanden waren (Fig. 7), welche im Wasser des Objectträgers eine lebhafte Bewegung zeigten und durch Jod eben so rasch und intensiv blau gefärbt wurden, wie die grossen grünen Körner. Da diese Körnchen den Kernkörperchen des Zellenkerns sehr ähnlich sind, da ich ferner in vielen anderen diesjährigen Nadeln im Juli den Zellkern mehr oder weniger zusammengeschrumpft gesehen, in den Zellen vorjähriger Nadeln aber niemals einen Zellkern aufzufinden vermocht habe, so möchte ich beinahe glauben, dass der Zellkern in Körnchen zerfällt (seine Kernkörperchen frei werden) und diese sich in Stärkekörnchen umwandeln. Ob sich letztere durch Intussusception vergrössern oder dadurch, dass sich mehrere aneinanderlegen (ein zusammengesetztes Stärkekorn bilden), darüber habe ich mir nicht klar werden können. Es wäre auch möglich, dass die unmittelbar aus dem grünen Protoplasma hervorgehenden Körner sich durch Theilung vermehrten. Wenigstens habe ich in allen solchen Zellen, welche theils noch den Zellenkern, theils Haufen von Körnchen enthielten, an vielen der grösseren grünen Körner bei 700—900 maliger Vergrösserung eine Abgrenzung in 2 oder 3 Stücken wahrgenommen (Fig. 8). Ob solche Körner in der Theilung begriffen waren oder zusammengesetzte sind, habe ich nicht zu entscheiden vermocht. Sei dem, wie ihm wolle, die Parenchymzellen der Fichtennadel füllen sich vollständig mit rundlich eckigen grün gefärbten Stärkekörnern an, weshalb Hartig a. a. O. ganz recht hat, wenn er die Fichtennadel nächst dem Samenkorn der Gräser und vieler Leguminosen für den vielleicht stärkemehlreichsten Pflanzentheil erklärt. Dieselben bleiben auch damit gefüllt, denn ich habe sowohl im März als noch im Juli die vorjährigen, desgleichen die zwei-, drei-, vier- und fünfjährigen Nadeln, ebenso wie die diesjährigen in gleicher Weise von grünen Stärkekörnern strotzend gefunden. Während aber vor dem Wiedererwachen der Vegetation (also

im Winter) diese Körner in vorjährigen wie in älteren Nadeln durch Jod fast augenblicklich blau gefärbt werden, tritt nach der Entwickelung der Maitriebe (also nach dem Wiederbeginnen des Assimilationsprocesses) die blaue Färbung nicht so schnell und nicht so intensiv ein, ja viele Körner bleiben ungefärbt. Daraus dürfte doch wohl zu schliessen sein, dass die überwinterten Körner während der Entfaltung der Knospen einen Theil ihres Stärkegehalts (als Nahrung für die austreibenden Knospen) abgeben und hierauf während der Vegetationsperiode von Neuem Stärke bilden, bis sie am Schlusse derselben wieder durch und durch stärkehaltig sind. Diese Ansicht würde wenigstens mit den neueren und neuesten Untersuchungen von Sachs über die Stärkeerzeugung durch die Chlorophyllkörner und über deren Bedeutung harmoniren. Dass die Stärke der Fichtennadel als Reservestoff betrachtet werden muss, scheint mir durchaus nothwendig zu sein, denn wozu sollte sie sonst in so ungeheurer Masse in allen Nadeln aufgespeichert werden? — Ob in naturgemäss absterbenden Fichtennadeln die Stärke verschwunden ist, und ob auch in den Nadeln anderer immergrüner Coniferen eine ähnliche Stärkeaufspeicherung stattfindet oder nicht, darüber behalte ich mir weitere Mittheilungen vor, da zu einer befriedigenden Beantwortung dieser Fragen mindestens ein Jahr lang fortgesetzte Untersuchungen nothwendig sind. Schliesslich darf nicht unbemerkt gelassen werden, dass sich die ausgebildeten Stärkekörner aller Fichtennadeln bei Behandlung mit Jod (auch im Winter) niemals vollständig blau färben, sondern stets einen wenn auch noch so schmalen, durchscheinenden grünlichen Rand oder Saum erkennen lassen. Daraus scheint mir hervorzugehen, dass sie entweder eine grüne Hülle besitzen (mit anderen Worten: Stärke bildende Chlorophyllkörner sind) oder in grünes Protoplasma eingebettet liegen. Daraus ergiebt sich von selbst, dass Hartig's Behauptung, der zufolge nur in den vom Fichtenrost befallenen Nadeln der äussere scharfe Umriss der Stärkekörnerreihen vor deren angeblichen Umwandlung in einen Pilzfaden durch einen schmalen ungefärbten Raum von der durch Jod sich tiefblau färbenden Substanz geschieden sein soll, nicht richtig sein kann. Ebenso unhaltbar ist natürlich auch die von Stein und Rees aufgestellte Behauptung, dass in den am Fichtenrost erkrankten Nadeln das Mycelium des Pilzes das Stärkemehl erzeuge, und demgemäss nur jene kranken Nadeln von Mitte Juli an

mit Stärkemehl dicht erfüllt seien. Indessen war dieser Irrthum verzeihlich, wenigstens in dem Falle, dass die genannten Forscher gesunde Fichtennadeln nicht untersucht haben. Ich habe nämlich immer beobachtet, dass in der jungen von dem in der Entwickelung begriffenen Mycelium bewohnten Fichtennadel diejenigen Parenchymzellen zuerst sich mit stärkehaltigen Chlorophyllkörnern anfüllen, welche mit dem Mycelium in Berührung kommen. In den gelb gefleckten oder der Quere nach gegürtelten Nadeln (Mitte bis Ende Juli), wo innerhalb der gelben Parthieen das Mycelium bereits sehr deutlich entwickelt zu sein pflegt, erscheinen nur die Parenchymzellen dieser Stellen mit wandständigen Stärkekörnern von gelblicher Farbe theilweis angefüllt, während das Parenchym der gesund gebliebenen Stellen noch formloses grünes Protoplasma oder Chlorophyllkörner, die noch gar nicht oder erst undeutlich auf Stärke reagiren, enthält. Es beschleunigt folglich der sich entwickelnde Pilz die Umwandlung des Chlorophylls in Stärke; nimmermehr aber kann derselbe die Ursache der Stärkebildung sein, sonst wäre es ja gar nicht möglich, dass die gesunden Fichtennadeln jeden Alters ausnahmslos mit Stärke angefüllt sein könnten. Uebrigens ist in den mit dem Mycelium in Berührung gekommenen Parenchymzellen noch Ende Juli zwischen den bereits gebildeten Stärkekörnern immer noch feinkörniges, freilich nicht mehr grün, sondern gelb gefärbtes Protoplasma vorhanden. Im Winter findet man gerade das umgekehrte Verhältniss bezüglich der Vertheilung des Stärkemehls zwischen den grünen und orangegelb gefärbten Stellen der vom Pilz bewohnten Nadeln. Dann nämlich ist in den kranken Parthieen das Stärkemehl aus dem von üppig wucherndem Mycelium durchzogenen Parenchym grösstentheils verschwunden, während in den grün gebliebenen Theilen, wo keine Spur des Mycelium wahrgenommen werden kann, die Parenchymzellen ebenso von grünen Stärkekörnern strotzen, wie in den ganz gesunden vorjährigen und älteren Nadlen.

Sehen wir nun noch genauer zu, in welchen Beziehungen der Pilz zum Stärkemehl der Fichtennadel stehen mag. Wie schon oben bemerkt, scheint das ganz junge in der ersten Entwickelung begriffene Mycelium nur die grossen zwischen den Parenchymschichten befindlichen Intercellularräume zu bewohnen. Einige Wochen später, wenn die Nadeln äusserlich deutlich gelbfleckig erscheinen, findet man diese

Intercellularräume bereits von wirren Geflechten farbloser, scharf contourirter Myceliumfäden durchzogen, welche an den Berührungsstellen der angrenzenden, mittlerweile mit Stärkekörnern angefüllten Parenchymzellen zwischen und in' diese hineingedrungen sind (Figur 8 f, 9). Dieselben enthalten erst wenige und schwach gelblich gefärbte Oeltropfen von verschiedener Form. Bei Anwendung von Jod färbt sich das gelbliche Stärkemehl jener Parenchymzellen sofort lebhaft blau, während die zarten Myceliumschläuche eine gelbe (oft goldgelbe), die Oeltropfen dagegen eine schmutzig grüne, oft in's Bläuliche oder Schwärzliche ziehende Färbung annehmen. Genau ebenso färbt sich das in dem älteren Mycelium, im Fruchtlager und in den Keimschläuchen der Sporen und Sporidien reichlich enthaltene goldgelbe Oel und goldgelbe Protoplasma. Niemals habe ich eine wirklich blaue, der Jodstärke ähnliche Färbung bei Behandlung des Myceliums, sei es mit wässriger Jodlösung, oder mit Jodkaliumlösung, oder mit Chlorzinkjodlösung eintreten sehen. Die in die mit Stärkekörnern angefüllten Parenchymzellen eingedrungenen Myceliumschläuche wuchern nun innerhalb derselben nicht minder üppig, als zuvor in den Intercellularräumen. Sie umschlingen und umstricken förmlich die Stärkekörner, welche durch sie in Klumpen zusammengedrängt und offenbar ausgesogen werden. Denn gegen die Zeit der Fructification des Pilzes hin findet man in den vom Mycelium bewohnten Parenchymzellen, deren Wandungen nur selten wirklich zerstört zu werden scheinen, reichliche Mengen eckig-rundlicher, oft sogar regelmässig sechseckiger (als Scheiben erscheinender) Körner, welche sich mit Jod nicht mehr blau, sondern ebenso schmutzig grün und bläulich schillernd färben, wie die Oeltropfen der Hyphen. Diese Körner, welche ich für identisch mit den von Hartig erwähnten krystallinischen Körnern halte, können nichts Anderes sein, als ausgesogene Stärkekörner, denn sie befinden sich nicht allein an deren Stelle, sondern haben auch genau deren Durchmesser und Ansehen. Auch befinden sich häufig einzelne noch wohl erhaltene, mit Jod blau werdende Stärkekörner darunter. — Woher kommt nun das goldgelbe fette Oel, welches dieser Rostpilz in so reichlichem Maasse enthält? Es lässt sich darauf natürlich keine bestimmte Antwort geben; da aber bei anderen physiologischen Processen, z. B. bei der Ablagerung fetten Oeles in den Zellen ölhaltiger Samen, durch Sachs u. A. die

Entstehung des fetten Oels aus Stärkemehl nachgewiesen worden ist, und da die Menge des Oels in den Hyphen in dem Maasse zunimmt, als das Stärkemehl verschwindet, so möchte ich die Ansicht aufzustellen wagen, dass das Oel des Pilzes durch dessen chemisch zersetzende und umbildende Thätigkeit aus der Granulose der Stärkekörner hervorgehe.*) Eine solche Annahme erklärt allerdings noch nicht die goldgelbe Färbung jenes Oels. Vielleicht könnte dieselbe von dem Phylloxanthin des Chlorophylls (der grünen Umhüllung der Stärkekörner) herrühren, da letzteres jedenfalls auch zersetzt wird, worauf die gelbe Färbung derselben deutet, und der grüne Farbstoff des Chlorophylls nach Frémy aus einem gelben (Phylloxanthin) und einem blauen (Phyllocyan) zusammengesetzt ist.

Aus diesen hier mitgetheilten Untersuchungen, so mangelhaft dieselben sein mögen, dürfte doch gewiss soviel als sicher hervorgehen, dass die Chrysomyxa Abietis nimmermehr aus dem Stärkemehl der Fichtennadel entsteht, sondern dass dieser Pilz sich zuerst in den Intercellularräumen des Parenchyms der Nadel entwickelt und in die Zellen eindringend von deren Stärkemehl ernährt, dass derselbe folglich ein echter Parasit ist und die gesunde Nadel krank zu machen vermag. Seit Rees das Eindringen der Keimschläuche durch die Epidermis der Nadel nachgewiesen hat, kann ohnehin an dem Parasitismus dieses Pilzes und an dessen Entstehung aus Keimen nicht mehr gezweifelt werden. Schliesslich erwähne ich noch, dass ich in allen von dem Pilz bewohnten Nadeln, sowohl innerhalb der Zellen als in den Intercellularräumen, zwischen den Myceliumfäden kleine sich mehr oder weniger lebhaft bewegende contractile Zellen beobachtet habe, deren Herkunft und Bestimmung mir unbekannt geblieben ist. Von den aus zerschnittenen Hyphen herausgetretenen Oeltropfen, welche, wie alle Oeltropfen, im Wasser des Objectträgers ebenfalls eine Bewegung zeigen, sind jene Zellen (Gonidien?) an der Contractilität ihrer Membran und der dadurch bedingten Veränderung ihrer Gestalt leicht zu unterscheiden.

---

*) Eine ähnliche Umwandlung von Chlorophyll und Stärke durch die Thätigkeit eines thierischen Parasiten hat bereits Karsten in den sogenannten Zersetzungskugeln von Oedogonium beobachtet. Vgl. Gesammelte Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen, S. 383 ff., Taf. XXV.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XV.

Fig. 1. Keimende Sporen (Teleutosporen), das Promycelium entwickelnd. Dieses noch ungegliedert, dicht mit goldgelbem Protoplasma und Oeltropfen erfüllt. Bei *a* die Sporidien erzeugenden Zweige (Sterigmen) in der Bildung begriffen, bei *b* ausgebildet, auf- und abwärts gerichtet. Eine Sporidie in der Entwickelung begriffen.

Fig. 2. Stück einer Kette von Sporen, von denen zwei gekeimt haben. Die endständige hat drei Keimschläuche entwickelt. Die Promyceliumschläuche mit durch Vacuolenbildung gitterförmigem Protoplasma, welches Oeltropfen einschliesst, erfüllt.

Fig. 3. Stück eines Promyceliumschlauches, stärker vergrössert. *a.* Vacuolen, *b.* Oeltropfen im goldgelben Protoplasma.

Fig. 4. Gegliederter entleerter Promyceliumfaden mit Sterigmen, von denen zwei reife Sporidien tragen.

Fig. 5. Keimende Sporidien. *a.* Sporidien, welche sich ihrer äusseren Schale entledigen, *b.* gekeimte Sporidie, *c.* eine solche, welche eine Secundärsporidie entwickelt, *d.* gekeimte Sporidie mit lang gestrecktem Keimschlauch, welcher Oeltropfen enthält, *e.* eine andere mit sich verzweigendem Keimschlauch.

Fig. 6. Stückchen eines senkrechten Längsschnittes durch eine junge, von der Chrysomyxa befallenen Fichtennadel. *a.* Epidermiszellen, *b.* darunter liegende, sehr dickwandige Bastzellen, *c.* das in senkrechte Querschichten geschiedene Parenchym, *d.* Zellen der Gefässbündelscheide, *e.* Intercellularraum, *f.* Parenchymzellen, welche durch den Einfluss der in den angrenzenden Intercellularräumen zur Entwickelung gelangten Myceliums sich mit Stärkemehl angefüllt haben. In einigen ist der Zellenkern noch erhalten, welcher auch in allen mit dem Pilz noch nicht in Berührung gekommenen Parenchymzellen (c), die sämmtlich nur zum Theil mit grünem Protoplasma erfüllt sind, sichtbar ist.

Fig. 7. Eine Parenchymzelle aus dem Querschnitt einer jungen Fichtennadel. *a.* Ausgebildete Stärkekörner, *b.* Haufen kleiner Stärkekörnchen, welche durch Zerfallen des Zellenkerns entstanden zu sein scheinen.

Fig. 8. Einzelne der grösseren Stärkekörner, stark vergrössert.

Fig. 9. Zwei Parenchymzellenreihen aus einer vom Rostpilz bewohnten diesjährigen Fichtennadel. Die beiden Zellenreihen stammen aus demjenigen Theil einer Parenchymschicht, welcher sich neben dem Gefässbündel befindet und folglich den Raum zwischen der oberen und unteren Epidermis einnimmt. Alle Zellen sind mit grossen Stärkekörnern angefüllt, welche gelb erscheinen. Der zwischen den beiden Reihen befindliche grosse Intercellularraum ist von einem Geflecht farbloser, stellenweis mit gelblichem Oel erfüllter Myceliumfäden durchzogen, welches hier und da auch in die Zellen eingedrungen erscheint.

Ueber Fichtennadelrost.

Von

Professor Dr. **Julius Münter**
zu Greifswald.

(Hierzu Tafel XVI und XVII.)*)

Bezeichnet man mit dem Namen „Rost diejenigen Krankheitserscheinungen der Gewächse, bei welchen grössere oder kleinere, rundliche oder längliche Staubhäufchen verschiedener, meist bräunlicher oder gelbröthlicher Färbung aus der Oberhaut grüner Pflanzentheile, insbesondere der Blätter und Stengel hervorbrechen", wie es Kühn in seinen „Krankheiten der Culturgewächse, 1858, p. 90" und bereits vor ihm Meyen (in der Pflanzenpathologie 1841, p. 125) gethan, so kann kein Zweifel darüber bestehen, dass jene an den Nadelblättern unserer deutschen Fichte (Picea excelsa [Lmck.] Lk.) neuerdings überaus verhereend auftretende Krankheit, welche den Anforderungen obiger Diagnose so vollkommen Genüge leistet, den Namen Fichtennadelrost verdiente, wenn nicht eine bereits ältere Bezeichnung: „Gelbsucht der Fichten — auch Gelbfleckigkeit der Fichtennadeln" bereits existirte und die im Titel gewählte Bezeichnungsweise fraglich erscheinen liesse.

Obschon nun streng genommen, wie sich aus nachfolgenden Mittheilungen ergeben wird, keiner der aufgeführten Namen den ganzen Verlauf der Fichtennadelkrankheit schlagend ausdrückt, indem durch

---

*) Zum Druck eingesendet den 27. August 1866. D. R.

die Bezeichnung: Gelbsucht, Gelbfleckigkeit nur das erste Stadium seinen Ausdruck findet und die von mir zuerst gewählte Bezeichnung: Fichtennadelrost eigentlich nur das zweite Stadium in's Auge fasst, während das dritte Stadium unbezeichnet bleibt, so habe ich mich dennoch für die Benennung: Fichtennadelrost und zwar deshalb entschieden, weil durch das Wort: Rost wenigstens eine Hinweisung auf die veranlassende Ursache, einen Schmarotzerpilz, gegeben ist und mit dem Abschlusse des zweiten so sehr charakteristischen Stadiums in der Regel die — verfrühte — Ablösung der Nadel vom Zweige erfolgt, überdies aber der Name Gelbsucht in den Pflanzenpathologien einem anderen und bestimmt charakterisirten Siechthum bereits beigelegt worden ist.

Zur Literatur.

Die bis jetzt in Deutschland veröffentlichten Schriften über Pflanzenpathologie von Plenck, v. Ehrenfels, Wiegmann, Unger, Meyen und Kühn, obschon sie sämmtlich in mehr oder weniger ausführlicher Weise die Gelbsucht besprechen, gedenken des Fichtennadelrostes nicht, während ein Sendschreiben an Prof. Schönlein von F. Unger, betitelt: Beiträge zur vergleichenden Pathologie, Wien 1840. 4°. c. tab., auf 29 Quartseiten unter der Bezeichnung: „Chrysomyxa Abietis, eine neue Krankheitsform der Fichte", unzweifelhaft die fragliche Krankheit erläutert. Dass jedoch dieselbe Krankheit bereits von Wallroth und v. Berg in der Behlen'schen Forst- und Jagdzeitung 1831—1834 mehrfach Gegenstand der Discussion gewesen und dem Schmarotzerpilze, der eigentlich veranlassenden Ursache derselben, der Name Blennoria Abietis von Wallroth beigelegt worden war, hatte Unger seiner Zeit nicht in Erfahrung gebracht.

Der umfänglichen Arbeit Unger's ungeachtet, fand das von dem Verfasser derselben aufgestellte Pilzgenus: Chrysomyxa doch kein bleibendes Unterkommen in den mykologischen Systemen der Folgezeit. Rabenhorst (Deutschlands Kryptogamen-Flora I, p. 68) sieht in der Chrysomyxa Unger's das Chaetosporium Corda's und substituirt dem letzteren, welches keine Sporen besitzt, den Namen: Chaetotrichum, dieses selbst aber den Phylleriaceen einreihend. — Fries, der scharfsinnige schwedische Mykolog, lässt Chaetosporium

zwar fallen, erklärt aber in seiner 1849 erschienenen: Summa vegetabilium Scandinaviae Sect. post. p. 519 Nota *), dass Chrysomyxa doch wohl einen autonomen Pilz bezeichnen möge, dessen Fructification bis jetzt nur noch nicht nachgewiesen sei, und führt denselben daher wenigstens interimistisch noch unter den Phylleriaceen. Bonorden dagegen (Hdbuch d. allg. Mykologie 1851) ignorirt die vorsichtige Bemerkung von Fries und nennt p. 313 Chrysomyxa geradezu einen „Pflanzenauswuchs". — Streinz geht in seinem Nomenclator fungorum 1861, p. 185 mit Rabenhorst, indem er nur Chrysomyxa graminis Ung. = Chaetotrichum graminis Rbh. gelten und mithin gleich den Uebrigen Chrysomyxa Abietis Ung. fallen lässt.

Gelang es demnach dem Fichtennadelroste bisher nicht, sich einen Platz im Systeme der Mykologie zu erringen, so erregte er doch fortgesetzt die Aufmerksamkeit der Forstmänner und derer, welche dem Forstfache näher standen. — Bereits 1853 beleuchtete Professor Stein, damals zu Tharand, im 9. Bande des Tharander Jahrbuches (p. 105 u. ff.) den Antheil, welchen ein Pilz an der Erkrankung der Fichtennadeln nahm, der eben, wie man jetzt weiss, kein anderer ist, als der von Wallroth und Unger bereits gemeinte und theilweise auch beschriebene Coniomycet. Um Schnepfenthal sah ihn 1864 und 1865 A. Röse, desgl. bei Laubach im Grossherzogthum Hessen Graf H. zu Solms-Laubach 1864. Im Jahre 1865 fand Max Reess die Krankheit bei Walldürn im badischen Odenwalde und, nach mündlicher Mittheilung, Herr Prof. Dr. Hartig am Nordrande des Harzes oder um Braunschweig; desgleichen Prof. de Bary und M. Reess um Freiburg im Breisgau, während ich selbst ihn erst 1866 an der baltischen Küste um Greifswald fand. — Allein von diesen mehrfachen neueren Beobachtern der Krankheit und des dieselbe veranlassenden Pilzes sind doch nur und zwar erst in jüngster Zeit zwei Arbeiten erschienen, von denen die eine von M. Reess sich in No. 51 u. 52 der botanischen Zeitung (v. Mohl und v. Schlechtendal) vom 22. und 29. December 1865 und die andere von A. Röse sich im ersten Bande der von H. J. Meyer und Otto Dammer herausgegebenen Ergänzungsblätter zur Kenntniss der Gegenwart, Hildburghausen 1866, p. 686—688 niedergelegt findet.

Inwieweit forstliche Zeitschriften auf den Fichtennadelrost sonst noch eingegangen sein mögen, ist mir zur Zeit noch unbekannt, doch

scheint, nach einer Andeutung des Herrn A. Röse in Schnepfenthal, der Veröffentlichung einer Abhandlung in der allgemeinen Forst- und Jagdzeitung (1866) entgegengesehen werden zu können, die jedoch in den ersten sechs Nummern des diesjährigen Jahrganges noch nicht erschienen ist.

Die geographische Verbreitung

des Fichtennadelrostes anlangend, so ist dieselbe durch die vorstehenden Hinweisungen auf die vorhandene Literatur beinahe vollständig gegeben. Während Unger seine Chrysomyxa 1839 auf den Nadeln der Fichten des steyrischen Hochlandes fand, sah ich die Krankheit 27 Jahre später dicht am Ufer der Ostsee, wo sie 1866 sich zum ersten Male zeigte. Von Freiburg i. Br. und vom badischen Odenwalde, wo sie Reess und de Bary 1864 und 1865 fanden, bis nach Tharand und dem sächsischen Erzgebirge, wo sie von Stein (1850) beobachtet wurde, liegen die bis jetzt nachweisbaren äussersten Grenzen von West und Ost, sowie jene von Süd nach Nord. Innerhalb dieses Gebietes ist das Auftreten der Krankheit von Hartig im Braunschweigischen, vom Oberförster Rischmüller und Forstinspector Nissmann im Göttingischen, von v. Berg und Wallroth in anderen Theilen des Harzes, von A. Röse im Thüringerwalde, vom Forstinspector Roch im Voigtlande, vom Grafen H. zu Solms-Laubach im Grossherzogthum Hessen und im badischen Odenwalde; um Freiburg i. Br. bis zu 3400′ Meereshöhe von M. Reess nachgewiesen und steht nur zu wünschen, dass unter den angegebenen Orten des Vorkommens des Fichtennadelrostes nicht auch eine andere sehr ähnliche Fichtennadelkrankheit verstanden sein mag, welche ich jüngsthin durch Prof. Laurer in Greifswald, als aus der Schweiz herstammend, auch auf Fichten sah, eine Krankheit, die durch Peridermium elatinum (Alb. u. Schw.) Lk. veranlasst wird.

Leider geben die vorstehenden thatsächlichen Angaben über das bisherige Vorkommen des Fichtennadelrostes keine vollkommen zureichenden Anhaltspunkte über die Geschichte der Verbreitung. Jeder der bisherigen Beobachter fand sie in den ihm nahegelegenen Bezirken, die aber selbst wieder so weit und unvermittelt von einander entfernt liegen, dass sich über die innerhalb der 35 Jahre (seit welcher die Krankheit wissenschaftlicher Erkenntniss zugänglich geworden

ist) vollzogene Ausbreitung keine sicheren Schlüsse ziehen lassen. Nur das Eine vermag ich mit Sicherheit zu behaupten, dass der Fichtennadelrost in Neu-Vorpommern weder dem Königl. akad. Forstmeister Herrn Wiese zu Greifswald, noch dem Oberförster Herrn Witte in Poggendorf, noch mir vorgekommen ist, der ich doch bereits seit 18 Jahren unausgesetzt mein Augenmerk auf pflanzenpathologische Erscheinungen gerichtet habe. Ich selbst fand das Mycelium eines mir unbekannten Blattparasiten zuerst am 2. April 1866 an den Nadeln jüngerer Fichten, welche, zur Oberförsterei Poggendorf (Kreis Grimmen) gehörig, unweit der königl. Domaine Schmietkow sich in Cultur befinden. Da nun das Mycelium allein keinen sichern Anhalt zu einer Diagnose geben konnte und gab, pflegte ich die mitgebrachten Fichtenzweige unter meinen hermetisch schliessenden Glasglocken. Das nach 4 Wochen zum Abschlusse gelangte Culturresultat bestimmte mich einige Zeit darnach zur Wiederholung desselben Versuchs, z welchem mir Herr Domainenpächter Blauert zu Schmietkow in freundlichster Weise behülflich war. Die auf diesem Wege am 25. Mai erhaltenen frischen Zweige zeigten jedoch von den von mir im April c. erzielten Erfolgen so wesentlich verschiedene Erscheinungen, dass ich, gleichzeitig mit der Einleitung eines neuen Culturversuchs, meinem verehrten Freunde, dem Herrn Forstmeister Wiese, einen der frischen Originalzweige vorlegte, um eine frühere desfalsige Unterredung durch eine sichere Thatsache zu unterstützen. Dieser zufällige Umstand hatte zur Folge, dass ich unter Hrn. Wiese's Führung schon nach wenigen Tagen (am 29. Mai) im Koitenhagener Reviere, östlich von Greifswald, einen neuen Heerd des Fichtennadelrostes kennen lernte, welcher nahe genug lag, um ihn fernerhin öfters inspiciren zu können. Am 17. Juni hatte ich abermals Gelegenheit, denselben Rost in einem dritten Reviere, nordwestlich von Greifswald bei Kieshof (einem Universitätsgute), und endlich am 24. August unter einigen hundert vollkommen gesunden Bäumchen des Hanshagener Reviers, östlich von Greifswald, drei Bäumchen mit den ersten Anfängen der Krankheit an den Jahrestrieben 1866 aufzufinden, während alle übrigen Jahrestriebe derselben Pflanzen vollkommen gesund waren.

Allein an den ersten drei Fundorten waren die jungen Fichten ohne irgend eine Ausnahme im Jahre 1865 von dem Roste zum ersten Male befallen, entwickelten sich, wie aus fortgesetzten gleichzeitigen

Beobachtungen hervorging, durchaus in gleicher Weise und es lag auch nicht die geringste Veranlassung vor, um beweisen zu können, dass diese meilenweit auseinander gelegenen Centra der Krankheit in abhängigem Verhältnisse zu einander gestanden hätten. An jenen drei oben angegebenen Sitzen der Krankheit war dieselbe im Jahre 1865 den Nadeln des 1865er Jahrestriebes zum ersten Male und, wie ich mit einiger Sicherheit glaube behaupten zu dürfen, gleichzeitig und plötzlich einverleibt worden. Keine einzige Nadel aus einem früheren Jahrestriebe zeigte Spuren der Erkrankung und aus dieser sicher gestellten Thatsache lässt sich kein anderer Schluss ziehen, als dass die zur Verbreitung der Krankheit nothwendigen Pilzsporen aus einer südlichen Gegend herbeigeführt sein müssen, wobei überdies als bemerkenswerthes Factum hervorzuheben ist, dass die nordamerikanische Weissfichte (Picea alba), welche sich bei Kieshof abwechselnd mit Picea excelsa (Lmck) Lk angepflanzt findet, auch in unmittelbarster Berührung mit der letztern sich in keinem einzigen Falle erkrankt zeigte, dem Fichtennadelroste mithin keinen geeigneten Boden zur Entwicklung darbot.

Zur Pathologie.

So wie die Vorgänge des gesunden, so sind bekanntlich auch die des kranken Lebens nach Gesetzen der Nothwendigkeit zeitlich begrenzt und nehmen einen periodischen Verlauf, wie die Organismen selbst, Pflanzen sowohl als Thiere.

Diesen fundamentalen Erscheinungen und Gesetzen entsprechend, nimmt auch der Fichtennadelrost seinen cyclischen Verlauf. Derselbe beginnt mit einer Decoloration des Chlorophylls der Fichtennadel, welche entweder einen Theil derselben, bald in der Nähe der Spitze, bald in der Mitte, auf 1—3''' lange Strecken hin gelbgrünlich erscheinen lässt, oder auch — und dieser Fall scheint der häufigste zu sein — indem sich gelbgrünliche Ringel zu 2, 3, . . . 6 und mehr in ungleichen Entfernungen und abwechselnd mit reingrünen Nadelaxenstücken zeigen. Diese Decoloration der Nadeln, welche einer befallenen Fichte schon von ziemlichen Entfernungen aus ein eigenthümliches Ansehen verleiht, findet sich stets nur an den Nadeln des letzten Jahrestriebes, beginnt in Neuvorpommern um die Mitte des Monats Juli, nachdem die Nadeln und der sie tragende Zweig

völlig ausgewachsen ist und dauert die nächstfolgenden Sommer-, Herbst- und Wintermonate hindurch, bis zum Anfange des Monates Mai des nächstfolgenden Jahres, um nun einer neuen Erscheinung Platz zu machen, die man als zweites Stadium anzusehen hat.

An den gelblicher gewordenen Ringeln und zwar zumeist auf der nach abwärts gerichteten Seite der Nadel reisst die Oberhaut derselben auf und zwar so, dass das der Länge nach abgelöste Epidermisstück entweder an der gegenüber befindlichen Längsseite mit dem übrigen Theile der Epidermis im Zusammenhange bleibt und sich einfach umschlägt, oder indem ein Epidermisstück sich an zwei entsprechenden Längsseiten und am vordern oder hintern kleinsten Rande löst und sich klappenartig zurückschlägt, um einer wulstigen orangefarbenen Masse den Hervorbruch zu gestatten, welche die Ablösung der Epidermis herbeiführend, aus dem Innern des Nadelparenchyms an die Oberfläche und über dieselbe hinaus hervorbricht. Seltener besteht die leuchtend rothgelb-gefärbte Masse aus einem kleinen rundlichen Häufchen, oder einigen kleinen länglich-rundlichen Häufchen. Meistentheils sind diese Häufchen länger gestreckt und folgen dem Parenchym zu beiden Seiten der den Medianus andeutenden Mittelfurche bei flachen Nadelformen, oder befinden sich zwischen zwei kantigen Vorsprüngen bei quadratischen Nadelformen. Die Längserstreckung dieser orangeroth-gefärbten Häufchen betrug unter $^1/_8$", $^1/_4$" bis $^3/_8$", während ihre Breite kaum $^1/_{32}$" rh. mass. Die Dauer dieser Häufchen lässt sich p. p. auf einen Monat veranschlagen; ich sammelte sie vom 18. Juni bis 18. Juli 1866 von allen drei Stationen, an welchen ich dieselbe überhaupt beobachtete.

Allmählig entfärben sich die orangefarbenen Häufchen, werden graulich und fällen entweder mit der sich ablösenden Nadel zu Boden oder lösen sich von ihrer Erzeugungsstätte der Art ab, dass sie eine kleine Höhlung an der angeheftet bleibenden Nadel zurücklassen. Der letztere Fall tritt jedoch nur dann ein, wenn ein kleines Stück der Nadel erkrankte und an der erkrankten Stelle nur ein einziges Häufchen zur Entwicklung gekommen war. In der weitaus überwiegendsten Mehrzahl der Fälle stirbt die Nadel und — fällt ab. — Ein Bäumchen, dessen vorjähriger Trieb entnadelt ist, während der vorvorjährige Trieb dunkelgrün kräftige Nadeln besitzt und dessen letztjähriger Trieb (also in Neuvorpommern um die Mitte des Mo-

nates Juli) mit frischen hellgrünen Nadeln besetzt ist, macht schon von Weitem einen seltsamen Eindruck und trägt die Beweismittel für die stattgehabte Erkrankung während der nächstfolgenden Vegetationsperiode wenigstens hinreichend erkennbar zur Schau. Leider aber bleibt es nicht bei dem einmaligen vorzeitigen Nadelfalle; denn kaum ist der neue diesjährige Jahrestrieb sammt seinen allmählig erhärtenden Nadeln ausgewachsen, so zeigen sich diese schon wieder in oben beschriebener Weise decolorirt und zwar meistens in grösserer Fülle mit jenen gelblichen Ringeln versehen, zwischen denen dunkler gefärbte Nadelstellen sich befinden, d. h. den Anfang zu neuer Erkrankung, die wiederum denselben Verlauf nimmt und, wie sich aus den Erfahrungen älterer Beobachter ergiebt, mit denselben Todeserscheinungen endet.

Wie lange unter solchen Einflüssen der allernachtheiligsten Art das Leben des jungen Baumes auszuharren vermag, ist mir nicht bekannt; dass aber eine mehrere Jahre lang in gleicher Weise fortbestehende Ertödtung der jüngsten Jahrestriebe eine kräftige Entwickelung des Holz- und Rindenkörpers vom Cambialringe aus beeinträchtigen und nachtheilig beeinflussen muss, liegt auf der Hand. Wünschenswerth wäre es daher, wenn in dieser Beziehung sorgfältige Beobachtungen in den Gegenden angestellt (und mitgetheilt) würden, wo die Krankheit schon seit einer Reihe von Jahren grassirt und ihre Verheerungen anrichtet; dass dieselbe im Thüringer Walde nach mehrjährigen Beobachtungen Besorgniss erregt, geht aus A. Röse's Referate (l. c. pag. 688) hervor. Eine Thatsache wenigstens giebt der Hoffnung Raum, dass der Tod der Gesammtpflanze vielleicht nicht eintritt, indem ich am 29. Juli 1866 in Gesellschaft und unter gütiger Beihülfe des Herrn Oberförster Witte zu Poggendorf im Schmietkower Reviere, behufs Beantwortung einer desfalsigen Frage, feststellen konnte, dass wohl die unteren und mittleren Zweige bis zur Höhe der senkrecht erhobenen Hand, seltener aber und in vielen Fällen gar nicht, die Nadeln derjenigen Zweige, welche sich höher als 7 Fuss befinden und namentlich auch die diesjährigen Nadeln der Hauptaxe wenig oder gar nicht sich erkrankt zeigten. Wäre dies ein allgemein beobachtetes Factum, so dürfte man hoffen, dass der Haupt-Axentrieb, durch das beeinträchtigte Längenwachsthum der unteren und mittleren Zweige gefördert, sich um so rascher aus der Zone der Zerstörung

erheben und allmählig eine Nebenaxenbildung in höheren Regionen herbeiführen möchte, die der fernern Vegetation und dem Bestehen der Gesammtpflanze nützlich würde.

Im Anschlusse an vorstehende Darstellung der makroskopischen Erscheinungen des Fichtennadelrostes dürfte es, bevor wir zur mikroskopischen Analyse derselben übergehen, sicher gerechtfertigt sein, einen Blick auf die Umstände zu thun, unter welchen sich derselbe findet. —

Die Erkrankung der Nadeln zeigt sich weder bei diesjährigen Keimlingen, noch bei Pflanzen von einem Alter unter 6 Jahren; selten findet man hie und da eine erkrankte Nadel bei Stämmchen von 6 - 10 Jahren; häufiger aber sind Bäumchen von 10—12 Jahren afficirt, während das Maximum des Ergriffenseins sich bei Pflanzen in einem Alter von 12—30 Jahren findet. Hochstämme, so viel ich deren auch untersuchte, ergaben auch nicht eine einzige kranke Nadel. Aus diesen vielfach geprüften und an allen vier mir bekannten Sitzen der Krankheit constatirten Thatsachen folgt, dass das reifere Pubertätsalter der Fichte als ein die Erkrankung begünstigendes Moment angesehen werden muss.

Im Betreff des lichteren oder dichteren Standes stellte sich aus den dahin zielenden Beobachtungen heraus, dass zwar keineswegs einzeln im Hochwalde stehende Stämmchen auch bei sehr freier Einzelstellung gänzlich verschont waren, dass aber doch ein dichtgedrängtes Beisammenstehen mit Durchflechtung der unteren und mittleren Zweige ein intensiveres Kranksein auch im ersten Jahre der Erkrankung zeigte. Indessen nahm es vielfach den Anschein, als ob die Nadeln derjenigen Zweige, welche, längs der Durchhaue und an Waldwegen, der Luft und dem Lichte frei ausgesetzt sich fanden, ganz besonders befallen waren.

Da nun schon ein dichterer Bestand sich für den Eintritt der Erkrankung als ein förderliches Moment ergab, so kann es nicht Wunder nehmen, wenn feuchtere Orte dem Fichtennadelroste günstig waren. Im Koitenhagener Reviere (um den Strohkamp bei Eldena) standen die am schwersten erkrankten, etwa 18—20jährigen Stämme von 20—25′ Höhe, in Reihen abwechselnd mit Eichen angepflanzt, jedoch rings um diese Anpflanzung, namentlich nach Süd, West und Nord, befinden sich Hochstämme nordamerikanischer, zum Theil heimischer

Laubbäume und nur nach Ost findet sich in Folge eines daselbst angelegten Saatkampes eine freiere Waldstelle. Der Boden besteht an der betreffenden Stelle aus einem lehmigen aber humusreichen Sandboden, der bei dem grossen Vegetationsreichthum längere Zeit das atmosphärische Wasser festhält. — Im Kieshofer Reviere befanden sich die erkrankten Stämmchen (20—25 Jahr alt) zwar nach Osten ganz frei gestellt, aber auf einem mit wenig Sand gemischten Moorboden, indem das — auch botanisch anderweit berühmte — Kieshofer Torf-Moor dicht hinter der vom Greifswalder botanischen Garten aus erfolgten Anpflanzung seinen Anfang nimmt. An hinreichender Feuchtigkeit fehlt es demnach diesen Fichten zu keiner Jahreszeit. — Das Schmietkower Revier endlich (Oberförsterei Poggendorf, Kreis Grimmen), mit Fichten in allen Lebensaltern dicht bestanden (theils in reinen, theils in gemischten Laubholzbeständen), vorwiegend auf einem mit weniger Lehm gemischten Sandboden befindlich, besitzt demungeachtet und namentlich in einigen muldenförmigen Einsenkungen hinreichend grosse Flächen, welche atmosphärische Niederschläge aufzunehmen und festzuhalten vermögen, so dass es an allmählig verdunstendem Wasser im Allgemeinen nicht fehlen kann, dessen constante Wirkung sich auch überdies durch einen erheblich verbreiteten und leicht schon von Weitem erkennbaren Anflug von Flechten (Lichenes) auf den Nadeln selbst erkennbar macht. Die im Hanshagener Reviere anno 1866 zuerst erkrankten drei Bäumchen im Alter von circa 20—25 Jahren standen auf Sandboden im Kiefernhochwalde zerstreut. —

Da nun, wie sich aus Vorstehendem ergiebt, an allen vier neuvorpommerschen Heerden der Krankheit die Bodenbeschaffenheit eine so bemerklich verschiedene ist und die Krankheit demungeachtet sich bei so zahlreichen Fichtenstämmchen in einem Alter von 12—30 Jahren angefunden hat, so kann der Einfluss des Bodens, wenigstens dessen chemische Zusammensetzung von nur sehr geringer Bedeutung sein, indem, wenn ein derartiger Einfluss behauptet werden sollte, jedenfalls doch erst zu beweisen sein möchte, was in den Bodenverhältnissen sich so plötzlich geändert haben müsste, um drei dicht neben einander stehende Pflanzen im Alter von 3—4 Jahren, von 20—30 Jahren und circa 40—50 Jahren zu bestimmen, sich gegen den Eintritt der Krankheit so verschieden zu verhalten. Wenn man ein Beispiel suchte,

um die Hinfälligkeit der bei Gelegenheit der Seidenraupenkrankheit, der Weintraubenkrankheit, der bekannten Kartoffelkrankheit u. s. w. zur Sprache gebrachten nachtheiligen und namentlich schwächenden Einflüsse einseitig fortgesetzter Bodencultur zu erweisen, in der That ein Schlagenderes wäre kaum aufzufinden. Zum Theil viele Jahre lang standen die Fichten der Schmietkower Forst gesund und freudig wachsend neben einander, sich mit ihren Wurzeln vielfach durchkreuzend, vielleicht sogar sich ablactirend, aus einer und derselben Quelle ihre Nahrung ziehend; plötzlich tritt im Jahre 1865 die Erkrankung an den Nadeln der Jahrestriebe 1865 bei der jüngern Fichte auf, während der ältere Hochstamm und die sehr junge 1—4jährige Pflanze ganz davon verschont bleiben und überdies nur die Nadeln eines Jahrgangs erkranken, während die der älteren Jahrgänge alle gesund bleiben! —

Wie gesagt, die chemische Zusammensetzung des Bodens kann nicht blos, sondern muss bei der Beurtheilung des Fichtennadelrostes ganz unberücksichtigt bleiben, wohl aber sind dessen physicalische Verhältnisse, insbesondere seine wasserhaltenden Eigenschaften der Beachtung werth und sodann die reichere oder ärmere Vegetationsdecke, insofern dieselbe der raschen Wasserverdunstung hindernd entgegentritt oder dieselbe fördern hilft.

Die mikroskopische Analyse

der mit unbewaffnetem Auge oder auch unter Anwendung einer einfachen Loupe erkennbaren krankhaften Erscheinungen, wie sie oben beschrieben worden sind, giebt demnach einzig und allein den wünschenswerthen sicheren Aufschluss über deren Natur und den Schlüssel zur Erklärung der begünstigenden Momente, von welchen zuletzt die Rede war.

Der anatomische Bau der Fichtennadel, bereits durch Unger (l. c. pag. 4 - 7. Abbildung Fig. 3, 6, 7) ausführlicher dargelegt, kann füglich hier nicht noch einmal in ganzer Ausdehnung Gegenstand der Behandlung werden, nichts destoweniger aber ist es zum Verständniss der krankhaften Vorgänge nicht ganz zu umgehen, hier in wenigen Worten das Wesentliche des Baues der Fichtennadel zu wiederholen.

Während alle Nadeln darin mit einander übereinstimmen, dass sie durch einen kurzen Blattstiel mit der Axe verbunden sind (Taf. XVI,

Fig. 1 bis 8) und der Blattstiel mit der Nadelbasis sich abgliedert, verhält sich doch der Querschnitt der Nadeln der Hauptaxe, sowie der der Nebenaxen (Individuen 2ter, 3ter u. s. w. Ordnung) verschieden. Die Nadeln der Hauptaxe sind vorwiegend vierkantig und die sich rechtwinklig schneidenden Durchmesser nahezu einander gleich, oder der tangentiale Durchmesser grösser als der radiale. — Die Nadeln der Nebenaxen, obschon ebenfalls mit 4 vorspringenden Kanten der Länge nach versehen, besitzen vorherrschend zwei ungleiche Durchmesser. Der Durchmesser der Nadel, welcher in den verlängerten Radius des Zweiges fällt (der radiale Diameter), ist um ein wesentliches grösser, als der Quermesser der Nadel, welcher in einen Parallelkreis des Axencylinders fallen würde (d. h. also der tangentiale Diameter). Die Nadeln an den Axen 2ter u. s. w. Ordnung sind in der That vorwiegend seitlich comprimirt und gleich dem folium ensiforme der Irideen mit einer der schmalsten Seiten, d. h. einer sehr vortretenden Kante, der Axe zugewandt. Wie aber auch die Form der Nadel auf dem Querschnitt gestaltet sein möge, immer befindet sich im Centrum der Nadel ein Bündel langgestreckter meist dickwandiger Zellen, von denen ein Theil Bastzellen (Taf. XVI, Fig. 10, a), ein anderer Theil Holzzellen (Taf. XVI, Fig. 10, b) von sehr geringem Querdurchmesser sind, die sich gleich jenen im radialen Durchmesser der Nadel befinden und in zwei Gruppen rechts und links von einer oder zwei Reihen von markstrahlartigen Zellen angeordnet sind. Dieses eigenthümliche Holzbündel wird von Zellen begrenzt, deren Lumen um Vieles grösser ist, als das der übrigen Gefässbündelzellen und deren grösster Querdurchmesser im Kreisbogen liegt.

Um dieses centrale Holzbündel, in welchem Spiralgefässe gänzlich fehlen, befindet sich ein grossmaschiges Parenchym (Fig. 10, m), welches sich bei ältern Nadeln in Folge horizontaler Zwischenräume scheibenartig übereinander geschichtet findet. Diese Parenchymzellen sind ausser von wässrigen Flüssigkeiten mit licht-grünem Chlorophyll erfüllt, deren Grundlage bei ältern Nadeln Stärkemehl ist. Nach aussen von diesen Parenchymzellen befindet sich eine meist einfache Lage langgestreckter Bastzellen, zuweilen aber und namentlich an den am weitesten auseinanderstehenden Kanten verdoppelt sich die Bastzellenhülle (Fig. 10, f). Bei sehr zahlreichen Nadeln befindet sich an der Grenze der Parenchym- und Bastzellen ein — ätherisches Oel resp.

auch Harze führender — Längscanal und zwar, wenn vorhanden, in der Kante der Nadel, welche in deren tangentialem Durchmesser liegt. Sind zwei derartige Canäle in einer Nadel vorhanden, so liegen beide im tangentialen Durchmesser der Nadel an der Grenze der Parenchym- und Bastzellen. Um diese letztern endlich befindet sich eine Lage von Epidermiszellen (Fig. 10, d), deren Lumen auf dem Nadelquerschnitte nicht sowohl im Sinne des Radius, sondern im Sinne der Tangente den grössten Durchmesser besitzt und bei einem Flächenschnitte eine auffallende Aehnlichkeit mit den Epidermiszellen der Gräser zeigen. In diesen namentlich an der Aussenfläche dickwandigen Epidermiszellen liegen zahlreiche Spaltöffnungen linear angeordnet, und unter denselben die bekannten Athemhöhlen. — Ist man, wie es durch einige gute Quer- und Längsschnitte leicht möglich wird, mit der Architectonik der Fichtennadel-Elementarorgane hinreichend bekannt, so ist es nicht schwer die Alterationen richtig zu beurtheilen, welche sich bei erkrankten Nadeln vorfinden.

Innerhalb der ersten vier Wochen nach Eintritt der ringförmigen gelblichen Decoloration erkennt man in den erweiterten Intercellularräumen eine Zellenform, die der Fichtennadel durchaus fremd ist. Fadenförmige zartwandige Zellen von sehr geringem Querdurchmesser — vielfach hin- und hergebogen und sich anastomosirend, theilweise Aestchen bildend, welche sich ebenfalls wieder in geschlängelter Form weiter entwickeln, durchziehen die Intercellularräume (Taf. XVI, Fig. 1 bis 4), legen sich an die Parenchymzellen an und senden auch in deren Inneres hinein einen oder einige Aestchen, wobei das Chlorophyll seine hellgrüne Farbe verliert und allmählig auch das den Chlorophyllkörnern zu Grunde liegende Stärkemehl zur Resorption gelangt. Dass diese geschlängelten Fäden mit ihrem anfangs farblosen, dann allmählig orangefarbene Oeltröpfchen führenden Inhalte das Mycelium eines Pilzes darstellen, wird jedem Beobachter, der nur einigermaassen mit den in Blattparenchymen auftretenden Pilzmycelien vertraut ist, sofort einleuchten. Aber auch dem geübtesten Beobachter wird es unmöglich aus dem blossen Mycelium sofort zu bestimmen, welcher Fruchtträger sich aus demselben entwickeln und zu welcher Gattung der betreffende Pilz zu ziehen sein wird.

Das Mycelium des Fichtennadelrostpilzes (der vorwiegend optisch wahrnehmbare Theil desselben während 10 voller Monate) bleibt aus

angegebenem Grunde ebenso lange Zeit unbestimmbar und ist ganz geeignet die Spannung eines ungeduldigen Beobachters, der das Unglück hat, dasselbe etwa gegen Ende Juli an den kranken Nadeln zum ersten Male aufzufinden, auf eine sehr harte Probe zu stellen. Unger, der erste Entdecker des Mycels und der Anfänge zur Bildung von Fruchtträgern, war insofern glücklich, als er, wahrscheinlich im Monate Mai, bei Graz beides zugleich auffand und auf Grund seiner gewonnenen Erfahrungen die Krankheit mit dem Namen Chrysomyxa Abietis benennen konnte, darunter eine exanthematische Krankheitsform (einen Afterorganismus) verstehend, dem die Fähigkeit „gleich vielen andern Pflanzenexanthemen Sporidien" zu erzeugen abgeht, der „die Bedingungen seines Entstehens nur in dem Mutterorganismus" findet und somit „auf spontane Weise erzeugt" angesehen werden muss, dessen Entstehung endlich „von Anomalien der den betreffenden Organen (Respirationsorganen) zukommenden Functionen abhängig" ist (Unger l. c. p. 11). —

Gestattet der heutige Standpunkt der Pflanzenpathologie auch nicht mehr, dergleichen Hypothesen zum Ausgangspunkte weiterer Betrachtungen und Untersuchungen zu nehmen, so verbleibt, wenn man den Kern aus der Schale heraushebt, immerhin Unger das wesentliche Verdienst, zuerst das Auftreten des Fichtennadelrost-Mycels in den „Athemhöhlen" wahrgenommen und dessen Entwickelung und Verbreitung nach den Luftgängen des Blattes hin zuerst verfolgt zu haben. Dass es demselben geistreichen Forscher nicht gelang die Sporidien der (pag. 23) von ihm mit Recht zu den Uredineen gestellten Chrysomyxa Abietis Ung. aufzufinden und derselbe in Folge dessen die Sporidienbildung der Chrysomyxa absprach, führte den für den Entdecker dieses Parasiten wenig günstigen Umstand herbei, dass alle Mykologen die Chrysomyxa ignorirten, oder doch nur zu den Phylleriaceen stellten, deren Aufnahme in ein System von Pilzen fernerhin jedoch nicht mehr zulässig ist, weil diese eben nur durch Acarinen veranlasste Oberhautzellenwucherungen darstellen. Nur Fries, wie wir oben sahen, vermuthet in der Chrysomyxa einen selbstständigen Pilz, dessen Fructification 1849 noch nicht aufgefunden war (Summa veget. p. 519 Nota*).

Sehr richtig erkannte es auch bereits Unger (l. c. p. 24 und 25), dass der unter der Blattepidermis zu „utriculos asporos" sich ge-

staltende Pilz von Aecidium elatinum Albert. u. Schwein. sowohl, als auch von Aecidium columnare Albert. und Schwein. verschieden sei, begeht jedoch dabei den Irrthum, das Aecidium elatinum Albert. und Schwein. für synonym mit Caeoma piceatum Lk. zu halten, was, wie unten gezeigt werden wird, nicht geschehen durfte. Leider beschreibt Unger seine Utriculi aspori nur sehr kurz, indem er denselben zwar die Befähigung zur Erweiterung der Astspitzen zuerkennt, aber ihnen das Vermögen abspricht, gleich den übrigen Uredineen „kugelförmige Massen" (Sporen?) abzuschnüren und abzuwerfen. Die in der Unger'schen Fig. 3 (bei g) gegebene Darstellung, weiter illustrirt durch Fig. 8 a, beweist, dass die aus dem Mycel entstehenden, unter der Blattepidermis hervorbrechenden gelben Gebilde in continuo mit den Mycelialfäden zusammenhängen, mithin eine weitere Entwickelung derselben sind und die Neigung zur Ramification besitzen, während sie ab und zu nicht aus einer, sondern aus mehreren Zellen zusammengesetzt sind. Die betreffenden Figuren geben aber auch den Beweis, dass Unger ein jüngeres Stadium abgebildet hat, während, wenn die Zeichnungen vielleicht 14 Tage später angefertigt worden wären, die Sporenbildung nicht übersehen worden sein könnte.

Das Fehlende, d. h. der Nachweis der Sporenerzeugung an den keulig-dichotomischen Gebilden, wie sie durch Unger bekannt geworden waren, liess lange Zeit auf sich warten. — Fünfundzwanzig Jahre später erst lieferte Max Reess (wie oben angegeben) die erste Darstellung der Chrysomyxa-Sporidien und rettete damit das Formgenus, welches Unger (l. c. p. 24) aufgestellt hatte.

Die Chrysomyxa-Sporidien sind rund, viel kleiner als die Sporen von Peridermium abietinum Lk. und entstehen weder in Schläuchen noch in Reihen nach Art der Coleosporium- oder Aecidium-Sporen, sondern auf Stielchen (Sterigmata), welche eben so lang oder mehrmals länger sind als der Sporidium-Durchmesser. Nach Reess aber misst eine Sporidie 0,0040—0,0044 Millim., besitzt eine zarte Membran ohne irgend welche Unebenheiten (Warzen etc.) auf der Oberfläche und ist keimfähig. Das Stielchen, welches die Sporidie trägt, ist sehr dünn, fadenförmig und wie die später sich abschnürende Spore mit gelblich gefärbtem, fein-grumosem Inhalte erfüllt, in welchem das Färbende feinvertheilte Oeltröpfchen sind.

Die Sterigmata aber gehen aus der oder den Endzellen eigen-

thümlicher Gebilde hervor, die durch Unger nur in den jüngeren Zuständen gesehen, von M. Reess aber Fig. 1 und 11. theilweise in einer Form dargestellt und beschrieben sind, wie ich sie während fünfmonatlicher Untersuchungen niemals zu sehen Gelegenheit gehabt habe. Reess nennt sie Teleutosporenzellen, giebt von denselben an, dass sie sich von ihrer Ursprungszelle niemals ablösen und analog den Teleutosporen von Coleosporium keimen, d. h. aus ihrem oberen Ende ein Promycelium in Gestalt eines gekrümmten Schlauches von 0,0033 bis 0,0044 Millim. Weite heraussenden, die sich durch Querwände in 4 Zellen theilen. Aus jeder also entstandenen Promycelialzelle treibt ein Sterigma, das, an dem freien Ende allmählig sich ausdehnend, aus dieser Auftreibung selbst, eine Spore bildet.

Von den das Fruchtlager bildenden Teleutosporenzellen wird weiter von M. Reess angegeben, dass sie aus dem im Nadelparenchym verbreiteten Mycelium hervorgehen, welches selbst erst dicht unter der Nadelepidermis in ein „reichmaschiges, aus äusserst schmalen Fäden bestehendes, feines Netzwerk" übergeht, aus welchem „durch Querwände in 8—12 cylindrische Zellen getheilte Schläuche von 0,0066—0,0077 Millim. Weite" gegen die Epidermis hin sich in grosser Zahl entwickeln sollen. „Durch das Wachsthum dieser Schläuche des Stroma's bersten im Frühjahr (Ende April) die Epidermis und die ihr zunächstliegende Parenchymzellenreihe, worauf das Fruchtlager des Pilzes als das oben beschriebene orangegelbe Polster hervortritt."

Nach meinen Beobachtungen an neuvorpommerschen Fichten (unterm 54° 4″ nördl. Br.) treiben die betreffenden Gebilde erst Mitte Mai und später so gegen die Nadelepidermis, dass dieselbe aufreisst und das orangegelbe Polster ansichtig werden lässt. Allein wo und wann auch immer ich das Polster untersuchte, stets bestand es aus vielfach dichotomisch verzweigten Zellen (Taf. XVII, Fig. 1), welche von einer einfachen Basalzelle aus sich entwickelten. Nur bei sehr jugendlichen Polsteranlagen, die von der Blattepidermis noch dicht bedeckt waren und diese noch nicht wesentlich erhoben hatten, sah ich gelbe keulige Gebilde nahezu von der Form derer, wie sie Unger (Taf. I, Fig. 8a) abbildete, jedoch um die Hälfte kleiner. Von diesen basalständigen keulenförmigen Gebilden aus geht die Gabelspaltung der Spitze und deren weitere Ramification. Hat diese eine hinreichende

Ausbildung erlangt und ist in Folge des Spitzenwachsthums der Aeste die Epidermis durchbrochen, so verlängern sich die cylindrischen oben abgerundeten Aeste zu dünnen, fadenartigen Gebilden, welche am obersten Ende anschwellen und zur Sporidie werden, die sich endlich von der Astspitze (Sterigma) ablöst und zwischen die übrigen Gabelastenden einstreut — wo man sie um Mitte Juni vielfach aufgestreut und auch keimend findet — oder von denselben abfliegt. In Fig. 10, Taf. XVII ist eine Parthie dergleichen Gabelastenden mit dazwischen gelagerten Sporen abgebildet, während in Fig. 12 die ebendaselbst keimend vorgefundenen Sporidien dargestellt sind. Während der Ausbildung der Sporidie geht der gesammte Zellinhalt aus der obersten Zelle, von welcher sich das Sterigma entwickelte, durch dieses in die Sporidie über, wodurch nach Ablösung der Sporidie die oberste Endzelle entleert wird.

Nach Entleerung der Endzelle treibt, wie aus Fig. 6 hervorgeht, die nächst untere Zelle einen Seitenast, der wiederum sich verlängernd, am Gipfel eine Spore bildet, bis allmählig die grösste Mehrzahl der im Polster vorhandenen freien Gabelastspitzen erschöpft d. h. ihres Inhaltes beraubt ist und nur noch hier und da einzelne Oeltropfen in den unteren Zellen restiren (Fig. 13—15), die für sich allein jedoch nicht hinreichend sind, um einer neuen Sporidie den nöthigen Bedarf an brauchbarem Inhalte zu liefern, um selbstständig werden zu können.

Meiner Auffassung gemäss besteht demnach das organgefarbene, frei an die Nadeloberfläche und über dieselbe hinaus entwickelte Fruchtlager nicht aus Teleutosporen, sondern aus Basidien, deren Sterigmata endständige Sporen erzeugen. Eine Figur, wie sie von Max Reess Fig. 1 und 11 gegeben wurde, vermochte ich nicht zur Darstellung zu bringen. Freilich kannte ich, als ich meine Zeichnungen entwarf, die Reess'schen Abbildungen nicht, und so wäre es möglich, dass ich mich geirrt hätte. Allein auch, nachdem ich dieselben kennen gelernt hatte und sofort zu einer erneuten Untersuchung der am 28. Mai und 6. Juni c. gesammelten und trocken conservirten Nadeln geschritten war, wurde es mir doch in keinem einzigen Falle möglich, derartige, einfache, septirte, keulenförmige Schläuche zu präpariren. Immer nur fand ich die sogenannten Teleutosporen (Basidien) in der von mir Fig. 1, Taf. XVII abgebildeten Weise.

Vermochte ich in dieser Frage keine vollkommene Uebereinstim-

mung zwischen den Reess'schen und meinen Beobachtungen herbeizuführen, so war dies ebensowenig der Fall im Betreff der in Fig. 11 von Reess mit mg (Myceliumgeflecht) bezeichneten Ursprungsstelle seiner Teleutosporen. Viele und sehr sorgfältige Schnitte bei 350 und 500maliger Vergrösserung untersucht, ergaben stets nur ein Gewirr von Fäden, welches aus der innigen Aneinanderlagerung der hier dichter zusammengedrängten Mycelialfäden bestand. Niemals vermochte ich es, ein so schönes, reines Parenchymgewebe darzustellen und zu untersuchen. Eine Ansicht, wie die Reess'sche Fig. 1 an der entsprechenden Stelle wiedergiebt, entsprach bei Weitem eher dem beobachteten Thatbestande. Freilich soll auch Fig. 11 den Octoberzustand darstellen, wie aus der Erklärung der Abbildungen hervorgeht, während Fig. 1 den Maizustand wiedergeben soll. Ich werde mich also noch einige Monate getrösten müssen, um das mit Stärkemehl reich erfüllte Parenchym in einer Form sehen zu können, wie die Fig. 11 bei mg angiebt. Nach meiner Meinung aber stehen diese mg-Zellen in einem so grossen Missverhältnisse zu den ep (Epidermis)-Zellen, dass ich mich von der Voraussetzung nicht losmachen kann, dass unter den mg-Zellen, von welchen die Teleutosporen ausgehen sollen, wohl etwas Anderes verstanden werden muss. — Parenchymzellen der Fichtennadel sind es jedenfalls nicht, auch wenn sie alle mit Amylum dicht erfüllt gezeichnet wären. Was diese mg-Zellen aber sonst für Zellen sein sollen, ist mir durchaus unverständlich. — Bis zur Mitte August sah ich überall nur grosse mit Chlorophyll oder mit Chlorophyll und Amylum erfüllte Zellen, zwischen denen und in denen die mit hellgelblichen Tröpfchen spärlich erfüllten Mycelialfäden sich hindurchschlängelten.

Nach den bis jetzt festgestellten Thatsachen ergiebt sich, dass:

1. das erste Stadium (das der Fleckenbildung auf den Nadeln) durch ein zwischen und in den Zellen des Nadelparenchyms befindliches Mycelium eines Pilzes veranlasst wird, welches ein allmählig immer dunkler sich färbendes fettes Oel in dessen gewundenen vielfach anastomosirenden Zellen in Tropfenform führt und bei der grossen Häufigkeit derartiger Mycelialfäden gelblich durchscheint, dass aber ausserdem auch das Chlorophyll der Parenchymzellen schwindet und farbloses Amylum

sich in grösseren Quantitäten in Stelle des Chlorophylls ausbildet.

Dieses Stadium dauert in Neuvorpommern von Mitte Juli des einen Jahres bis circa Mitte Juni des nächstfolgenden Jahres (10—11 Monate).

2. Das zweite Stadium (das der Bildung eines rostfarbenen Fruchtlagers und der Ausbildung der Sporen) beginnt in Neuvorpommern gegen das Ende des Monats Mai und kann gegen Mitte Juli in der Mehrzahl der Fälle als abgelaufen angesehen werden. Im Beginn dieses Stadiums wird die Oberhaut aufgerissen und aus einer Spalte derselben wachsen zahlreiche polychotomisch sich verzweigende, ab und zu septirte Fruchtträger, welche an ihren oberen freien Astenden Sterigmata und an deren äussersten Spitzen Sporidien erzeugen, während nach Ablösung der letzteren die tiefer darunter befindlichen Zellen der vielästigen Basidien fähig sind, denselben Process zu wiederholen.

Zur Diagnose.

Aus dem Vorstehenden geht mit Evidenz hervor, dass Unger, obschon ihm die Wallroth'schen Vorarbeiten unbekannt blieben, doch im grossen Ganzen die Ursache der von ihm ausführlicher beschriebenen Fichtennadelkrankheit, den Fichtennadelrost, wie ich ihn nenne, sicher erkannt und in einem parasitisch lebenden Pilze gesucht hat, den er mit dem Namen: Chrysomyxa Abietis belegte und nur insofern unvollständig beschrieb, als er demselben die Sporen absprach. Seine l. c. pag. 24 gegebene Diagnose lautete:

Chrysomyxa. Stroma mucoso-granulosum inferius in floccos simplices vel ramosos, superius in utriculos asporos secedens parenchymate plantarum vegeto innatum.

Chrysomyxa Abietis maculis elongatis, uni-v. biserialibus, flavo-rubicundis, dein epidermide rupta cinctis.

In foliis Pini Abietis L.

Dass diese Diagnose einer wesentlichen Abänderung, gemäss der heutigen Kenntniss des Parasiten, bedarf, liegt auf der Hand. In der XI. Centurie der Fungi europaei, welche Herr Dr. Rabenhorst dem-

nächst herausgeben wird, habe ich den von mir gelieferten trockenen Exemplaren folgende Beschreibung beigegeben:

Chrysomyxa Abietis Unger Fichtenrost. (Beitr. zur vergleich. Pathologie, Wien 1840, 4°· c. tab.). Maculis flavescentibus annulatis, acervis plus minus elongatis flavo-rubicundis, dein epidermide cinctis; basidiis ramificatis, sterigmatibus brevibus, sporidiis rotundatis flavo-aurantiacis.

In foliis acerosis Piceae excelsae (Lmck.) Lk. m. Junii in Pomer. occid.

Die vorläufige Selbstständigkeit dieses Uredineen-Formgenus dürfte durch diese kurze Beschreibung sattsam dargethan und bewiesen sein, dass dasselbe mit Blennoria Fr. nicht zu vereinen ist. Wallroth selbst beschreibt in der Flora crypt. Germaniae IV, pag. 226 Blennoria also: Sporidia elongata cylindrica utrinque truncata diaphana simplicia minutissima, cum pseudostromate hypophloeode gelatinoso in tuberculum erumpens conglutinata. Kein einziges Moment dieser Diagnose trifft mit der von mir emendirten der Chrysomyxa überein; zufolge dessen muss von der älteren, aber durchweg verfehlten Benennung: Blennoria abgesehen und der Unger'sche Name beibehalten werden, wenn auch derselbe sich auf das „Stroma mucoso-granulosum" gründet, welches factisch nicht existirt. Indessen die Bezeichnung: Chrysomyxa ist, wie ich unten zu beweisen gedenke, auch nur der Name für eine Lebensform des Parasiten und hat deshalb sicher wenig Gewicht. Für dasjenige Stadium der Pflanze, für welches er von mir beibehalten ist, hat er eben nur den Werth eines Namens für ein Formgenus, nicht aber für einen abgeschlossen Formencyclus.

Zunächst aber möchte noch zu erweisen sein, dass die bisher auf Fichtennadeln gefundenen Parasiten weder identisch mit der Chrysomyxa sind, noch mit derselben irgend wie genetisch zusammengehören.

In dieser Beziehung sind nur zwei auf Fichtennadeln beobachtete Schmarotzer in Betracht zu ziehen, nämlich: Peridermium elatinum Lk. und Caeoma piceatum Lk.

Peridermium elatinum Lk., ursprünglich von den Entdeckern Albertini und v. Schweinitz als Aecidium elatinum beschrieben, besitzt eine in das Nadelparenchym eingesenkte besondere Hülle (Peridie), in welche die reihenweise geordneten, ziemlich grossen, eckigen Sporen mit ihrer warzig netzförmigen Oberfläche eingebettet sind. Die

Sporenhäufchen befinden sich meist in 2 Reihen zu beiden Seiten des Medianus in Furchen der Nadel und afficiren dieselbe nur local, d. h. unmittelbar an ihrer Insertionsstelle, nicht wie Chrysomyxa auf grössere oder kleinere Strecken. Dieser die Edeltanne vorwiegend bewohnende Schmarotzer kommt, wie die mir vom Prof. Dr. Laurer in Greifswald gütigst überlassenen Präparate beweisen, in der Schweiz wenigstens, auch auf Picea excelsa (Lmck.) Lk. vor, ist jedoch mit Chrysomyxa in keiner Weise verwandt und mit derselben schwerlich zu verwechseln.

Schwieriger dagegen wird die Feststellung der Grenzen zwischen Chrysomyxa und Caeoma piceatum Lk. — Die Entdecker desselben waren ebenfalls Albertini und v. Schweinitz, welche ihn (p. 120 sub No. 334) als Aecidium abietinum beschrieben und abbildeten.

Die Originaldiagnose lautete: Macula lutea, peridiis parallele seriatis nudis sparsis vel subconfluentibus oblongo-compressis albidis apice dentato-laceris, pulvere aurantiaco.*)

Eine flüchtige Ansicht der beigegebenen Abbildungen in Verbindung mit der Diagnose giebt der Voraussetzung eine gewisse Unterlage, dass unter diesem Aecidium abietinum wohl unsere Chrysomyxa verstanden werden könnte; namentlich die gelborange umschriebenen Flecken, auf welchen sich die in der Abbildung verzeichneten Peridien mit dem orangefarbenen Inhalte entwickeln sollen. Sieht man in der angeblichen Peridie die aufgerissene Epidermis und nimmt man es mit dem „pulvis aurantiacus" nicht allzu genau, so lässt sich in dem Aecidium abietinum die Chrysomyxa Abietis wiedererkennen. In der That bringt Link (Linné Species plantarum Tom. VI, Pars II, p. 62, Berol. 1824) den Albertini - v. Schweinitz'schen Fichtennadelschmarotzer nicht unter das von ihm aufgestellte Subgenus Peridermium, sondern als Caeoma piceatum unter Aecidium und charakterisirt denselben folgendermaassen:

*) Näheres giebt die Beschreibung, welche hier ebenfalls wörtlich ihre Stelle finden möge: „Macula circumscripta, luculenta, vivide lutea, in aurantiacum nonnunquam vergens, visum e longinquo attrahit. Peridia interdum teretiuscula: sed plerumque compressa forma aeque ac magnitudine ad Aecid. Pini proxime accedunt. Os fungilli aperti inaequaliter dentato-lacerum tribui (Tab. V, fig. 5. A.), aliquanto propius sequentibus existit: dentes tamen in icone nostra justo regulariores apparent. In folia Abietis (propaginum imprimis novarum) maculae steriles dilutiores vulgatae, nec fertiles (praesertim subtus) aestate pluvia rarae. Junio, Julio, Augusto.

„Maculis flavis, pseudoperidiis seriatis ovalibus, sporidiis aurantiacis"

hiezu bemerkend:

„Ad Peridermia loco et forma transit, at apice rumpitur uti Aecidia vera. Confertim at seriato nec nisi in macula nascitur."

Dass Link auch später bei dieser Ansicht verbleibt, geht aus der im Jahre 1833 von ihm besorgten Ausgabe des Willdenow'schen Grundrisses der Kräuterkunde genugsam hervor, wo er pag. 447 das Caeoma piceatum abermals beschreibt, dasselbe aber nicht dem von ihm begründeten und aufrecht erhaltenen Peridermium, sondern Aecidium subsumirt.

Demungeachtet stellt C. Sprengel in der 16ten Ausgabe des Linné'schen Systema vegetabilium im Jahre 1827, die Link'schen Angaben ignorirend, das Aecidium abietinum Alb. u. Schw. unter sein Genus Uredo und beschreibt es also: „Sporangiis spuriis macula aurea cinctis oblongis albidis ore dentato-laceris sporidiis aurantiacis."

Von Link steht nun, nach einer brieflichen Mittheilung desselben an Dr. Rabenhorst, die Letzterer unterm 2. Juli c. so freundlich war, mir bekannt zu geben, sicher fest, dass er das Caeoma piceatum niemals selbst gesehen hat. Ein Gleiches darf man wohl von Sprengel annehmen.

Bei einer so zweifelhaften Sachlage muss es nun doppelt befremden, zwei neuere Autoren einen Namen gebrauchen zu sehen, der auch nicht die geringste historische Berechtigung hat und geradezu einer thatsächlichen Grundlage entbehrt.

In den Schriften des Gartenbau-Vereins für die königlich preuss. Staaten, Jahrg. I, pag. 170 spricht nämlich A. Braun von einem „Peridermium abietinum" und ebenso Streinz in seinem Nomenclator fungorum, Viudob. 1861. 8vo, Heft IV, pag. 637; der Letztere zu diesem ganz unmotivirten Namen „Lk. Spec. II, pag. 66" citirend, während Link ausdrücklich, sowohl anno 1824 als auch 1833, gegen eine Subsumtion des Caeoma piceatum (Accid. abiet. Alb. u. Schw.) unter Peridermium protestirt! — Alle übrigen Mycologen übergehen Caeoma piceatum Lk. mit Stillschweigen. Keiner ausser Albertini und v. Schweinitz scheint es gesehen zu haben und leider lässt die Originalbeschreibung und lassen auch die späteren Beschreibungen so Vieles zu wünschen übrig, dass es wahrscheinlich niemals mit Evidenz

erwiesen werden wird und erwiesen werden kann, was eigentlich unter Aecidium abietinum (Caeoma piceatum Lk.) verstanden werden soll, weil die Art der Sporenbildung von den betreffenden Autoren nicht angegeben worden ist. Das Wahrscheinlichste bleibt es anzunehmen, dass darunter die Unger'sche Chrysomyxa Abietis in der gegenwärtigen Auffassung gemeint sein mag.

Die macula lutea circumscripta kommt beiden Gebilden zu und fehlt dem Peridermium elatinum Lk. Die angebliche Peridie (offenbar die aufgerissene Blattepidermis) ist nach der Angabe von Albertini und v. Schweinitz verzeichnet, also im Wesentlichen zu ignoriren. „E longinquo" sind beide ihrer leuchtenden Orangefarbe willen leicht zu erkennen und beide finden sich nur an „propaginibus imprimis novis". Die maculae steriles sind nach Albertini und v. Schweinitz „dilutiores vulgatae" und ich möchte, da die nur erst mit Mycelien durchzogenen Nadelstellen eine derartige Farbe ebenfalls besitzen, in denselben noch nicht aufgebrochene Stromata der Chrysomyxa sehen. Die länglich gestreckte, seitlich zusammengedrückte Form des Fruchtträgers stimmt in beiden Fällen, auch trifft zu, dass bei Caeoma piceatum sowohl, als auch bei Chrysomyxa das Fruchtlager theils einzeln, theils aus mehreren zusammengeflossen auftritt. Die Sporenfarbe ist für beide Pilze als „orange" bezeichnet worden und erwägt man, dass Albertini und v. Schweinitz im Anfange dieses Jahrhunderts sicherlich nur mit der Loupe und nicht mit dem Mikroskope gearbeitet haben und es denselben somit nicht möglich war, Basidien und Sterigmata zu erkennen, so fehlt in der That sehr wenig, um die Ansicht zu rechtfertigen, dass unter Caeoma piceatum Lk. (Aecidium abietinum Alb. u. Schw.) die Unger'sche Chrysomyxa Abietis verstanden werden kann. Ich selbst wenigstens bin nicht abgeneigt anzunehmen, dass eine solche Substitution zulässig sein dürfte. Dann käme die Albertini-Schweinitz'sche Pflanze wieder zu ihrem Rechte, nähme den sicher wohl verdienten Platz in dem mykologischen Systeme ein, woraus sie seit 1833 ganz verschwunden ist, und man hätte einen weiteren Beweis, dass der 1865 erst in Neuvorpommern erschienene Fichtennadelrost bereits seit dem Anfange dieses Jahrhunderts Gegenstand wissenschaftlicher Erforschung gewesen ist, aber in Folge mangelhafter Darstellungen sich zweimal eine grosse Reihe von Jahren hindurch der Wiederauffindung entzogen hat.

Schliesslich dürfte es angemessen erscheinen, das Verhältniss des Bonorden'schen Genus Erannium zu Chrysomyxa in Erwägung zu ziehen.

Bekanntlich stellte Bonorden in den Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle 1860. 4° p. 181 ein Genus: Erannium (ἐραννος, anmuthig) auf, dessen „Sporen von langen keuligen Zellen (Sporisoria) abgesondert werden. Diese Zellen liegen im Mutterboden halb verborgen, sie sind gefüllt mit kleinen gelben oder orangefarbenen Molecülen und glänzenden Oeltröpfchen und liegen in Gruppen vereinigt zusammen. Ihre stumpfen Enden sind nach der Blattfläche gerichtet, das untere verdünnte Ende der keuligen Zelle geht unmittelbar in ein ästiges wurzelartiges Mycelium über," welches „eine Menge glänzender orangefarbener oder gelber Molecüle enthält". „Die oberen Enden der Sporisorien und die davon abgesonderten Sporen sind mit der Epidermis bedeckt und bilden so gallertartig aussehende flache Erhabenheiten, welche sich öffnen, worauf die keuligen Zellen mit den Sporen an der verlängerten Spitze hervortreten und dann flache, in der Mitte vertiefte Acervuli bilden. Die Sporen sind kuglig oder oval und undurchsichtig und werden in der Weise gebildet, dass die Sporisorien sich oben zuspitzen, dann an der Spitze ein Bläschen hervortreiben, welches sich mit Sporenplasma und einem Oeltröpfchen füllt und nach und nach zur Spore ausbildet. Die Sporen werden mit einem kurzen Stiele versehen abgeworfen," der jedoch später verschwindet, ohne eigentlich sich abzulösen etc.

Vergleicht man die Unger'sche Abbildung Fig. 3 mit der von Bonorden auf Tab. I, Fig. 12b bei starker Vergrösserung gezeichneten Darstellung, so könnte man sich versucht fühlen, beide Gebilde für völlig identisch zu halten. — Auch die von M. Reess gegebene Figur 11 (auf Taf. XIII, der Bot. Ztg. 1865), sowie die auf beifolgender Tafel XVII, Fig. 10 niedergelegte Abbildung lässt der Vermuthung einigen Spielraum, dass es sich um ein verwandtes Gebilde handeln möchte. Erwägt man jedoch, dass die Sporisorien der Gattung Erannium weder verzweigt, noch gegliedert auftreten, dass die Sporen sich, mit kurzen Stielchen versehen, ablösen; dass endlich die Acervuli „Anfangs gallertartige", und nach Ablösung der Epidermis der Mutterpflanze „flache, in der Mitte vertiefte" Erhabenheiten bilden, so schwindet jede Möglichkeit einer Vereinigung der

Chrysomyxa Unger mit Erannium Bonorden, und es bleibt als Schlusssatz, dass die bis auf die Untersuchung durch M. Reess aus dem mykologischen Systeme ausgeschlossen gewesene Chrysomyxa Abietis Unger (die eigentliche Ursache des Fichtennadelrostes) nunmehr ihr volles Recht auf systematische Existenz erlangt hat und von allen ihr irgendwie näherstehenden parasitischen Pilzformen wohl unterschieden, vielleicht aber mit dem Caeoma piceatum Lk. identisch ist.

Aetiologie und Prognosis.

Das theils thatsächlich nachgewiesene, theils wahrscheinlich gemachte Auftreten des Fichtennadelrostes in den verschiedensten Gegenden Deutschlands, sowohl in den höheren Gebirgen als in der norddeutschen Tiefebene — bis dicht an den Strand der Ostsee — nicht minder aber die historisch nachweisbare Ausbreitung jenes fast stets mit der vorfrühen Ablösung — dem Tode — der Fichtennadel endenden Parasiten unterstützen die Voraussage, dass die fernere Ausbreitung in derselben Weise von Statten gehen wird, wie es bisher der Fall war. Gegenden, welche von der Chrysomyxa Abietis Ung. bisher verschont geblieben waren, werden in mehr oder weniger ferner Zeit denselben Schmarotzer zugeführt erhalten und ein einmal etablirter neuer Sitz der Krankheit wird zu einem Centrum der ferneren localen Ausbreitung werden, weil die Chrysomyxa vermöge ihrer massenhaft erzeugten Sporen fähig ist, sich fortzupflanzen, bisher ganz verschonte Stämmchen anzustecken und sich auf die neuen Sprossen von den im vorigen Jahre zuerst erkrankten Nadeln aus zu übertragen.

Die Sporen sind, wie aus M. Reess' und meinen Beobachtungen hervorgeht, keimfähig, d. h. sie entwickeln aus ihrer Anfangs glatten Kugeloberfläche und zwar, wie ich gesehen zu haben meine, aus der secundären inneren Membran, welche durch die Aussenhaut hindurchbricht, eine schlauchförmige Verlängerung, deren vorderstes Ende durch die junge Nadelepidermis in die Parenchymzellen hineindringt und nun theils in den erweiterten Intercellularräumen, theils in den Chlorophyll führenden Parenchymzellen der Nadeln zu jenem reich verzweigten, vielfach anastomosirenden Mycelium sich entwickelt, welches nach 9—10 Monaten die Sporen bildenden Basidien, nach

Durchbrechung der Epidermis, an die Oberfläche der Nadeln behufs Ausstreuung der Sporen emporsendet.

Die von mir in Betreff der Sporen-Aussaat und Keimung auf den Nadeloberflächen angestellten mikroskopischen Untersuchungen gaben freilich leider ein negatives Resultat; allein dieses erfolglose Bemühen berechtigt keinenfalls zu der Behauptung, dass der Vorgang in der vorhin dargestellten Weise nicht statt habe. M. Reess war Anfangs auch nicht so glücklich, an im Freien gesammelten jungen Zweigen das stattgehabte Eindringen der Keimschläuche in die Nadelepidermis zu beobachten. Wohl aber glückte es demselben (l. c. pag. 388), nachdem er Sporidien tragende Fruchtlager vorjähriger Nadeln mit der Pincette auf junge Triebe brachte und nach 18stündigem Aufliegen dieselben entfernte, um Schimmelbildung zu verhüten. Nach zwei Tagen zeigten sich bei fortwährendem Aufenthalte in feuchter Atmosphäre die Sporenkeimschläuche reichlich entwickelt, meist senkrecht gegen die Epidermis hinwachsend und endlich (wie aus Reess' Abbildungen Fig. 8, 9, 10 hervorgeht) nach Durchbohrung der Epidermiszelle in dieselbe eingedrungen.

Meine ohne Kenntniss dieser Reess'schen Versuche angestellten eigenen Experimente konnte ich der Zeitumstände willen leider nicht täglich controlliren, und als ich zu deren mikroskopischer Untersuchung herantrat, d. h. etwa 8—10 Tage nach Einleitung des Versuchs, waren die in feuchter Luft hermetisch abgeschlossenen jungen Zweige, von Arthrobotrys derart überzogen, dass ein sicheres Resultat rücksichtlich des Eindringens gekeimter Chrysomyxa - Sporen nicht mehr zu gewinnen war.

Immerhin aber ist die Keimfähigkeit der Chrysomyxa-Sporen kurz nach deren Ablösung von den Sterigmata unzweifelhaft festgestellt; es ist fernerhin, wenigstens durch Reess' Versuche dargethan, dass die Sporenschlauchspitzen durch die Epidermis junger Nadeln in das Innere derselben eindringen und in und zwischen dem Blattparenchym zu einem vielverzweigten, vielfach anastomosirenden Mycelium heranwachsen (dessen Zellen sich allmählig mit gelb und später orange gefärbten Oeltröpfchen in ihren farblosen Zellsäften mehr oder weniger reichlich erfüllt zeigen), um endlich, wenigstens nach Reess' Beobachtungen, im October sich zu einem subepidermoidalen Fruchtlager

auszubilden, von welchem im Mai und Juni die Sporenausstreuung auf junge Fichtennadeln stattfindet.

Durch diese bis jetzt einzig und allein nur festzustellenden Thatsachen ist jede sonst wohl mögliche Annahme anderer den Fichtennadelrost veranlassender Ursachen definitiv ausgeschlossen.

Von geschwächter Organisationskraft in Folge forcirter Cultur, oder in Folge unterbliebener oder stattgehabter Verpflanzung, kann bei einem so plötzlichen Eintritte der Erkrankung um so weniger die Rede sein, als alle Nadeln desselben Bäumchens vor erfolgter Infection durch Pilzsporen sich vollkommen intact verhalten und gesund zeigen. Schmarotzerthiere können aber ebensowenig als Ursache der Entstehung in Betracht kommen, weil dergleichen in keiner Weise nachweisbar sind. Desgleichen kann als zureichendes und alleiniges Erklärungsmoment für den Fichtennadelrost weder die Witterung, noch der Boden in Anspruch genommen werden. — Seit dem vieljährigen Bestehen des Rostes ist die Witterung unzweifelhaft eine höchst verschiedene gewesen, hat aber weder dazu führen können, die weitere Verbreitung der Krankheit zu hindern, noch gesunde Bäumchen in Gegenden krank zu machen, wo die Krankheit bereits in nächster Nähe haust, während feuchte Wärme sicher das Keimen der Sporen fördert und bewegte Luft zum Weitertransport der keimfähigen Sporen reichlich beigetragen hat und auch ferner beitragen wird. Kann man in dem Zusammentreffen derartiger Witterungsverhältnisse mithin nur ein Förderungsmittel des Rostes erkennen, so ist auch der Boden nur als ein untergeordnetes Moment zur Verbreitung der Krankheit anzusehen, insofern derselbe nämlich fähig ist, Wasser anzuhalten und allmählig zur Verdunstung zu bringen; denn in feuchten Waldorten findet sich der Rost intensiver entwickelt, als in trockenen. Gesellt sich überdies zu feuchtem Boden ein dichter Bestand der Bäume selbst, so sind der Uebertragung der krankmachenden Chrysomyxa-Sporen und deren Keimung auf jungen Nadeln alle wünschenswerthen Bedingungen gegeben und unterbreitet.

Cur und Prophylaxis.

Wenn sich, wie es in Neuvorpommern im Jahre 1865/66 der Fall war, der Fichtennadelrost zum ersten Male an Bäumchen von 10 bis 30 Jahren vorfindet, welche in Gärten und Parks einzeln oder

in kleinen Gruppen stehen, so kann ein mit den Krankheitserscheinungen vertrauter Gärtner die Weiterverbreitung des Rostes dadurch verhüten, dass er im Spätherbste alle Zweige entfernt, deren Nadeln gelbgeringelt sind. Geschieht diese Aussonderung alles Erkrankten noch während des folgenden Frühjahres bis zum Juni wenigstens mit aller Sorgfalt, so ist es keinem Zweifel unterworfen, dass die Verheerung, welche ein unbekämpfter Rost durch Entnadelung der vorjährigen Sprossen herbeiführt, mit Sicherheit unterbleibt. Dabei ist aber noch zu beachten, dass die abgeschnittenen Zweige sämmtlich verbrannt werden müssen und nicht in der Nähe der Fichtenbäumchen liegen bleiben, aus Gründen, welche unten angeführt sind.

Ein anderes Mittel, um diesen umständlichen Arbeiten zu begegnen, liegt darin, dass der Gärtner fortan Picea excelsa (Lmck) Lk bei Parkanlagen meidet und statt derselben Picea alba anpflanzt, weil letztere, obschon mit der erkrankten excelsa in dichtester Zweigverflechtung stehend, bis jetzt nirgends vom Roste befallen worden ist.

Entstehen aber schon für den Parkgärtner erhebliche Schwierigkeiten, wenn es sich um Bekämpfung und womöglich um Beseitigung des Fichtennadelrostes handelt, so kann von einem ähnlichen, allein nur zum Ziele führenden Verfahren beim forstlichen Anbau der Fichten keine Rede sein. Wo ganze Waldorte, wie z. B. es im Poggendorfer Reviere (s. o.) der Fall ist, mit einem Male vom Roste befallen werden, wo Tausende junger vielverzweigter Bäume fast momentan erkranken, kann von einer Beseitigung erkrankter Zweige durch Abschneiden derselben nicht die Rede sein und das „laisser faire" ist demnach die einzige und richtigste Maassregel, die der Forstmann, einer solchen Verheerung gegenüber, einhalten kann.

Da, wie es scheint, vorwiegend die Zweige in Mannshöhe und ein wenig darüber hinaus sich bisher erkrankt zeigen, während der Haupt- oder Axentrieb nur sehr spärlich kranke Nadeln nachweist, so ist es nicht unmöglich, dass der, seiner untern Zweige zwar beraubte Jungstamm, nachdem er Jahre lang eine vita minima bewahrt hat, durch Sprossbildung in höheren Regionen der Hauptaxe sich verjüngend und allmählig erstarkend, die Zeit der Noth überwindet. Freilich sind mir keine dahin zielenden Beobachtungen und Erfahrungen bekannt, wahrscheinlich aber in forstlichen Zeitschriften hier oder da niedergelegt und des Hervorsuchens werth. Jedenfalls werden diejenigen Forst-

beamten, in deren Revieren Fichten cultivirt werden, welche nachweisbar am Nadelroste laboriren, der Wissenschaft und Praxis einen grossen Dienst erweisen, wenn sie fortgesetzt darüber Nachricht geben wollten, inwieweit die Fichte im Stande ist den Eingriffen des Rostes Widerstand zu leisten und ob sie vermag denselben gänzlich zu überwinden, vorausgesetzt, dass sie allgemeiner erkrankt war. Wäre die deutsche Fichte ausser Stande ihr Leben über die Zeit dieser Pubertäts-Krankheit hinaus zu bewahren, so müsste freilich vor deren forstlichem Anbau geradezu für die Zukunft abgesehen werden, ein Satz, den ich jedoch heute noch nicht als maassgebend ansehen möchte und dem ich im Interesse unseres Waldbaues jede Berechtigung abgesprochen wünsche.

Einerseits, um nicht den Gang der Darstellung zu unterbrechen, andererseits, weil nach erfolgter Ausbildung der Chrysomyxa-Fruchtlager das Nadelblatt stirbt und sich ablöst und endlich, weil keiner der bisherigen Beobachter und Beschreiber des Fichtennadelrostes weiterer Vorkommnisse Erwähnung thut, unterliess ich es im Vorstehenden von einer Erfahrung Mittheilung zu machen, welche ich früher zu machen Gelegenheit hatte, noch bevor ich die Fruchtlager der Chrysomyxa kennen lernte.

Als ich nämlich am 2. April c. bei einem gelegentlichen Spaziergange in dem Schmietkower Forstreviere die Nadeln junger Fichten gelbgeringelt gefunden und am 3. April die Ursache dieser eigenthümlichen Gelbfärbung mittelst des Mikroskops sicherer erkannt und auf ein anwesendes reichlich entwickeltes Mycelium zurückgeführt hatte, war mir es darum zu thun, zu ermitteln, welcher parasitischen Blattpilzform dasselbe angehören möge. Zu dem Behufe wurden die in feuchtem Papier frisch erhaltenen Zweige schon am 3. April c. unter zwei meiner Glasglocken gebracht, welche seiner Zeit von Ed. Morren (im La Belgique horticole 1866) und von Neubert (deutsches Magazin für Garten- und Blumenkunde 1866, pag. 49) abgebildet und beschrieben worden sind. In einem dieser hermetisch schliessenden Gläser befand sich Gartenerde, die mittelst reinen Brunnenwassers angefeuchtet war, in dem andern ebenso feucht gemachter Seesand. Die Gläser standen im Schatten einer nach Ost gerichteten Spiegelwand

Inhalt.

Der Fichtenrostpilz (Chrysomyxa Abietis Ung.) und seine Beziehung zum Stärkemehl der Fichtennadel.

Von

M. Willkomm.

(Hierzu Taf. XV.)*)

Im März dieses Jahres erhielt ich durch den Königl. sächsischen Oberförster v. Witzleben vom Colditzer Forstrevier eine Parthie Fichtenzweige, deren Nadeln von der sogenannten Gelbfleckigkeit befallen waren, mit dem Ersuchen, diese Krankheit, welche auf genanntem Revier seit dem Sommer 1865 in einer bedenklichen Weise aufgetreten war, näher zu untersuchen. Ich unterzog mich dieser Arbeit um so bereitwilliger, als sie mir Gelegenheit bot, zu constatiren, ob die bereits von meinem Vorgänger Professor Dr. Stein im IX. Bande des Tharander Jahrbuchs (1853) und vom Stud. Max Rees in No. 51 und 52 der Botanischen Zeitung von 1865 über dieselbe Krankheit veröffentlichten Untersuchungen richtig seien und ob eine vom Forstrath Dr. Hartig in den Verhandlungen des Harzer Forstvereins vom Jahre 1864 beschriebene Krankheit der Fichtennadeln mit jener übereinstimme oder nicht. Letztere Frage konnte ich sofort bejahend beantworten, da ich kurz zuvor von Hartig selbst nicht allein hinlängliches Material, sondern auch einen die Entwickelungsgeschichte des Pilzes, welchen Stein und Rees als die Ursache

*) Zum Druck eingesendet den 7. August 1866. D. R.

jener Nadelkrankheit betrachten, in eingehender Weise besprechenden und von meisterhaft gezeichneten Abbildungen begleiteten Aufsatz im Manuscript zur Benutzung mitgetheilt und erhalten hatte.*) Da Hartig sowohl in dieser bis jetzt noch nicht veröffentlichten Abhandlung als auch in der kurzen auf S. 62 der genannten Forstvereinsschrift befindlichen Mittheilung behauptet, dass der fragliche Pilz nicht aus von aussen in die Nadel eingedrungenen Keimen, sondern aus dem Stärkemehl der Fichtennadel entstehe, und zwar ein Umwandlungsproduct der Stärkekörner sei; da diese Anschauung aber nicht allein mit der von der Mehrzahl der jetzigen Naturforscher vertretenen Ansicht über die Entstehung der Pilze überhaupt, sondern auch ganz besonders mit den Ergebnissen der von Rees gemachten Untersuchungen und Versuchen in diametralem Widerspruch steht: so musste es mir doppelt interessant sein, mich durch eigene Untersuchungen zu überzeugen, welche von beiden Ansichten den meisten Glauben verdienen dürfte. Bevor ich aber zu meinen eigenen Beobachtungen übergehe, halte ich es für gut, den Namen des in Rede stehenden Pilzes festzustellen. Unter Bezugnahme auf die von Rees ausführlich mitgetheilte Geschichte der fraglichen Fichtennadel-Krankheit bemerke ich, dass der in und auf den kranken Nadeln auftretende Pilz zuerst von Wallroth beschrieben und Blennoria Abietis genannt worden ist (1831, 1833, 1834). Später (1840) wurde derselbe Pilz von Unger untersucht und unter dem Namen Chrysomyxa Abietis als eigene Gattung aufgestellt. Hartig hält den fraglichen Pilz in den mehrfach erwähnten Mittheilungen des Harzer Forstvereins für identisch mit Peridermium elatinum Rabh., während er ihn in seiner handschriftlichen Abhandlung Caeoma piceum nennt. In Anbetracht nun, dass dieser Pilz weder eine Blennoria noch ein Caeoma ist, sondern wie Rees bewiesen hat, ein Rostpilz, und dass derselbe mit Peridermium elatinum ebenfalls nichts gemein hat, bleibt nur der Unger'sche Name als der allein beachtenswerthe übrig, welcher auch um so passender ist, als der Inhalt der Myceliumschläuche und Sporen wirklich ein goldgelber Schleim (resp. fettes Oel, χρυσῆ μύξα) ist. Da nun dieser Pilz zu den Rost-

*) Vergleiche den „Nachtrag" am Schlusse des I. Heftes meiner „Mikroskopischen Feinde des Waldes." (Dresden, 1866.)

pilzen (Uredineen) gehört, so möchte ich ihn fernerhin als Fichtenrostpilz und die Krankheit selbst als Nadelrost der Fichte bezeichnet wissen.

Es wäre nach den gewissenhaften und eingehenden Schilderungen von Stein und Rees überflüssig, hier nochmals eine ausführliche Beschreibung dieser Krankheit und des sie verursachenden Pilzes zu geben. Ich will daher nur im Interesse derjenigen Leser dieser Blätter, welche entweder keine Kunde von den genannten Arbeiten haben oder denen dieselben nicht zugänglich sind, so viel bemerken, dass sich die Krankheit an den jungen diesjährigen Nadeln (der Maitriebe) bald schon im Juni, bald erst Anfang bis Mitte Juli zu zeigen beginnt, indem sich dann an den Nadeln gelbliche Quergürtel und Flecken bilden. Diese färben sich allmälig immer intensiver gelb und die mikroskopische Untersuchung ergiebt, dass das Parenchym der Nadel innerhalb der gelben Stellen von zarten verzweigten Myceliumfäden durchzogen ist, welche mit bald runden bald unregelmässigen Tropfen eines anfangs blassgelblichen, zuletzt gold- bis orangegelben fetten Oeles mehr oder weniger reichlich erfüllt sind. Gegen Ende des Sommers treten an der untern Fläche der Nadel auf den gelben Stellen braune Längsstreifen hervor, welche sich bis Ende October zu linealen rothbraunen Pusteln ausdehnen. Dieselben werden durch das mittlerweile im Innern der Nadel zur Entwicklung gelangte Fruchtlager veranlasst, welches unmittelbar unter der Oberhaut liegend diese auftreibt. Ein solches Fruchtlager erscheint aus einer grossen Menge dicht neben einander stehenden keulenförmigen Zellenreihen zusammengesetzt, welche aus einem engmaschigen Geflecht sehr zarter Fäden, die ihrerseits aus eng verflochtenen Zweigen der Myceliumschläuche bestehen, senkrecht gegen die Oberhaut der untern Nadelfläche hervorgewachsen sind. Auf diesem Stadium verharrt der Pilz bis zum Beginn des nächsten Frühjahrs, wo die Pusteln stärker anschwellen, bis endlich die Oberhaut aufplatzt, worauf aus derselben ein sammtartig anzufühlendes orangegelbes Polster hervortritt, welches im Mai eine intensiv goldgelbe Färbung annimmt. Später sinkt dasselbe zusammen, färbt sich dunkelbraun oder erbleicht auch, wonach auch die noch grünen Parthien der Nadel bleich werden. Zuletzt (im Juli) fällt die mittlerweile trocken gewordene Nadel ab. Die orangegelben über die Oberhaut emporgetretenen Polster sind nichts anderes

als die hervorgebrochenen Fruchtlager, die zu keulenförmigen gegliederten Schläuchen an einander gereihten, ebenfalls mit goldgelbem Oel reichlich gefüllten Zellen desselben die eigentliche Sporen des Pilzes. Bis hierher ist die Entwickelungsgeschichte des Pilzes schon von den früheren Beobachtern, namentlich von Stein richtig geschildert worden, aber auch Stein hielt die erwähnten Zellenreihen des Fruchtlagers nicht für Sporenketten, sondern für blosse Saftfäden (Paraphysen) und eine Sphaeria, welche si h zufällig auf alten Fruchtlagern angesiedelt hatte (Sphaeria navicularis Wallr.), irrigerweise für die wahre Fructification des Pilzes. Die Verfolgung der weiteren Entwickelungsgeschichte ist das unbestreitbare Verdienst von Rees. Dieser junge Forscher beobachtete zuerst, dass in feuchter Luft die aneinander gereihten Zellen der keulenförmigen Schläuche, ohne sich abzulösen, keimten, und zwar ein Promycelium ganz in der Weise der keimenden Dauersporen (Teleutosporen) der bis jetzt untersuchten Rostpilze (Puccinia) entwickelten, dass an diesen zarten, verschieden gestalteten Schläuchen des Promyceliums sich stielartige, seitliche Ausstülpungen (Sterigmen) und an deren Ende eine secundäre Spore (Sporidie) von kugliger Form bildeten, und dass diese in Unmasse erzeugten Sporidien abfielen und im Wasser des Objectträgers keimten und ein Mycelium entwickelten. Ich freue mich, alle diese schönen Beobachtungen im Allgemeinen als vollkommen richtig bestätigen zu können, da ich so glücklich war, in der Nähe meines Wohnorts Anfang Mai einige von dem Nadelrost befallene Fichten zu finden. Doch habe ich Manches etwas anders gefunden, als wie Rees es beschreibt und abbildete, worauf ich weiter unten näher eingehen will. Es ist nun Rees auch auf experimentellem Wege gelungen, das Keimen von auf junge gesunde Fichtennadeln übertragenen Sporen und das gewaltsame Eindringen ihrer Keimschläuche durch die Wandung der Oberhautzellen hindurch in das Innere der Nadeln direct zu beobachten, und somit den Beweis zu führen, dass die Chrysomyxa ein echter Schmarotzerpilz sei und die Krankheit hervorbringe. Die zwei Versuche, welche ich selbst nach Rees' Angaben gemacht habe, blieben erfolglos, und da der mittlerweile ausbrechende Krieg, welcher auf mehrere Wochen jede wissenschaftliche Thätigkeit lähmte, die Anstellung weiterer Versuche vereitelte, so vermag ich allerdings jene wichtige Beobachtung nicht zu bestätigen. In Anbetracht jedoch, dass Rees selbst viele Ver-

suche erfolglos angestellt hat, bevor ihm jene Beobachtung zu machen glückte, dass auch ich wenigstens ein Fleckigwerden einzelner Nadeln gesunder Maitriebe, welche unter einer Glasglocke in feuchter Atmosphäre mit fructificirende Chrysomyxapolster tragenden Nadeln in Berührung gebracht worden waren, und in deren Innerem bereits entwickelte Mycelien beobachtet habe, dass ich endlich die Rees'sche Wahrnehmung, nach welcher in der Natur nur die jungen Nadeln solcher Fichtenzweige und Fichten von der Krankheit befallen werden, welche in der Nähe von bereits kranken Fichten sich befinden, ebenfalls gemacht habe: scheint es mir ungerecht, gegen die Richtigkeit der von Rees beobachteten Thatsache irgend welche Zweifel zu erheben.

In Ergänzung resp. Berichtigung des von Rees Beobachteten erlaube ich mir hier Folgendes einzuschalten:

1. In den das Parenchym der Nadel durchwuchernden Myceliumschläuchen habe ich wirkliche Scheidewände nur selten zu entdecken vermocht. Wohl aber erscheint der goldgelb gefärbte Inhalt, welcher nicht allein aus Oel, sondern auch aus granulösem Protoplasma besteht, durch Vacuolenbildung an vielen Stellen zusammengezogen oder getheilt, so dass er oft gitterartige Massen bildet und die engeren leeren Zwischenräume wie zarte farblose Querwände aussehen. Noch häufiger und deutlicher ist diese gitterförmige Vertheilung des Inhalts in den Promyceliumschläuchen, welche übrigens stets gegliedert sind (Fig. 2, 3).

2. Die Promyceliumschläuche treten unter den verschiedenartigsten Formen auf. Meist habe ich beobachtet, dass aus der Spitze einer Spore ein langer fadenförmiger farbloser Schlauch hervortritt, welcher an seinem Ende das mit goldgelbem Inhalt reich versehene Promycelium entwickelt (Fig. 1, a. b.); seltener treten mehrere stärkere gegliederte Schläuche hervor, deren Endzellen mit dem goldgelben Inhalt angefüllt sind (Fig. 2). Die Promyceliumschläuche sind anfangs blos mit durch Vacuolenbildung gitterartig vertheilten Protoplasma angefüllt, erst später bilden sich Scheidewände und Oeltropfen aus (Fig. 3). Die an ihnen sich bildende Aestchen (Sterigmen) sind nicht allein vorwärts, sondern oft rückwärts gerichtet (Fig. 1, a. b), bald kurz, bald auffallend lang (Fig. 4.)

3. Die Sporidien sind nicht einfach, sondern doppelt häutige

Zellen. Beim Keimen stülpt sich häufig die innere mit dem goldgelben granulösen Protoplasma erfüllte Hülle aus der völlig farb- und structurlosen, äussern durchbrochenen Schale heraus (Fig. 5a). Auch bildet der hervortretende Keimschlauch beim Keimen auf einer Glasplatte nicht immer eine secundäre Sporidie, in welche das Protoplasma übergeht (Fig, 5b, c), sondern häufig wächst er geradlinig oder gekrümmt fort, sich gegen seine Spitze verjüngend (Fig. 5d), oder verzweigt sich auch unregelmässig (Fig. 5e). Der verlängerte Keimschlauch ist stets mit goldgelben Oeltröpfchen angefüllt (Fig. 5d) und sieht daher bereits einem ausgebildeten Myceliumfaden aus dem Innern der kranken Nadel täuschend ähnlich.

Noch will ich erwähnen, dass die Sporen (Teleutosporen) am schnellsten keimen, wenn man entweder abgeschälte Fruchtpolster oder mit solchen besetzte Nadeln in ein mit Wasser gefülltes Schälchen so legt, dass sie auf dem Spiegel des Wassers schwimmen, ohne (die Polster) vom Wasser selbst benetzt zu werden, hierauf eine Glasglocke über das Schälchen stülpt und die Sonne darauf scheinen lässt. Gewöhnlich schon am nächsten Tage sieht man mit der Loupe, dass sich über jedem Polster so zu sagen ein kleiner Wald zarter schimmelartiger Fädchen gebildet hat (Promyceliumschläuche), welche ein goldgelbes Pulver (die Sporidien) abscheiden und damit bedeckt sind.

Nach den hier mitgetheilten Ergebnissen der Rees'schen und meiner eigenen Untersuchungen dürfte es eigentlich überflüssig erscheinen, noch auf eine Widerlegung der Hartig'schen Ansicht einzugehen. Da aber auch Rees und Stein über die Beziehungen, in welchen der Pilz zum Stärkemehl der Fichtennadel steht, Behauptungen aufstellen, welche nach meinen Beobachtungen auf einem Irrthum beruhen und ich deshalb genöthigt bin, die Entwickelungsgeschichte des Stärkemehls in der Fichtennadel und das Verhalten des Parasiten zu diesem Stärkemehl ausführlich zu erörtern, so will ich hier auch die Theorie Hartig's auf Grund eigener Untersuchungen näher beleuchten. Hartig schildert an der citirten Stelle der Verhandlungen des Harzer Forstvereins die Entwickelung des Fichtenrostpilzes folgendermaassen:

„Die in den Zellen gesunder Nadeln durch ein grün gefärbtes Bindemittel zu kugelmantelförmigen Schichten vereinten, um den Zellkern lagernden Stärkemehlkörner lösen sich zuerst theilweise aus ihrem

früheren Verbande, unregelmässige, isolirte Complexe mehrerer Mehlkörner bildend, die gemeinschaftlich die Grundlage einer schon bei ihrem Entstehen mehrästigen Faser bilden. Diese Mehlkörnercomplexe nehmen allmälig eine gelbliche Farbe an und selbst der Zellkern geht aus seiner ursprünglichen Farblosigkeit in die gelbe Farbe über. Anfänglich zeigt sich der äussere scharfe Umriss der Körnerreihen von der durch Jod sich tiefblau färbenden Substanz nur durch einen schmalen ungefärbten Raum geschieden. Allmälig breiter werdend, gestaltet sich letzterer endlich zum Fasergliede, während das goldgelbe, durch Jod sich fortdauernd blau färbende Mehlkorn zum tropfenförmigen Körper sich abrundet. Jetzt erst tritt Zellentheilung und Längenwachsthum des ursprünglich auf den Zellraum beschränkten, hauptsächlich an den Wänden desselben hinlaufenden Pilzfadens ein, der sich anfänglich auf die innere Wandungsfläche derjenigen Zelle beschränkt, in der er entstanden ist, später erst, die Wandung durchbrechend, in die Intercellularräume des Blattgewebes hineinwächst. Mit dem Verschwinden des Mehls bleiben endlich in den Zellen reichliche Mengen krystallinischer Körper zurück."

Bevor ich auf meine eigene Beobachtung über die Entwickelungsgeschichte des Myceliums eingehe, will ich mir eine kurze Bemerkung über den anatomischen Bau der Fichtennadel erlauben. Das zwischen der unter der dickwandigen Oberhaut liegenden Bastzellenschicht und dem centralen Gefässbündel befindliche, stärkeerzeugende Parenchym besteht, wie man sich leicht auf einem horizontal durch die Nadel geführten (der oberen oder unteren Fläche parallelen) Längsschnitt überzeugen kann, aus quergestellten, senkrechten, durch breite Intercellularräume getrennten Schichten unregelmässig geformter Zellen, weshalb die Nadel so zu sagen der Quere nach gefächert und ihr Parenchym auf einem zarten senkrechten Längsschnitt aus unregelmässig perlschnurförmigen, durch weite Intercellularräume geschiedenen Zellenreihen zusammengesetzt erscheint (Fig. 6). Senkrechte Querschnitte, welche genau rechtwinklig auf die Längenaxe der Nadel geführt sind, zeigen, mögen sie nun eine Parenchymschicht (eine solche besteht stets aus einer einzigen Schicht von Zellen) oder einen Intercellularraum getroffen haben, ein den Innenraum der Nadel vollständig ausfüllendes Zellgewebe mit einzelnen engen Intercellulargängen, während etwas schiefe Querschnitte, in welchen eine solche Parenchymschicht theil-

weis weggeschnitten sein wird, auf der einen Seite einen leeren Raum, den theilweis blossgelegten Intercellularraum, wahrnehmen lassen. Obwohl ich nun das Eindringen der Keimschläuche von aussen her nicht beobachten konnte, so glaube ich doch die erste Entwickelung des Myceliums im Innern der Nadeln gesehen zu haben. Nach dem soeben Mitgetheilten ist es klar, dass die Frage, ob sich das Mycelium inner- oder ausserhalb der Parenchymzellen bildet, nur durch Untersuchung von Längsschnitten gelöst werden kann. Möglicherweise kann ich mich getäuscht haben, aber ich glaube das jugendliche Mycelium, welches aus unendlich zarten, farblosen, undeutlich contourirten und kaum bereits Oeltröpfchen enthaltenden Fäden besteht, die wegen ihrer Zartheit sich mit der Camera lucida nicht zeichnen lassen, nur in den Intercellularräumen gesehen zu haben, und zwar zu einer Zeit, wo in den mit grünem Protoplasma erfüllten Parenchymzellen Stärkebildung durch Jod noch nicht bestimmt nachzuweisen war. Das Parenchym der jungen Fichtennadel ist nämlich längere Zeit — je nach dem Standort des Baumes bis Anfang, Mitte oder Ende Juni — mit grüner undeutlich körniger Masse, welche, den Wandungen der Zelle anliegend, nach dem mit farblosem Saft erfüllten Innenraum lappig hineinragt, ausgekleidet. In dieser Masse, welche offenbar Chlorophyll ist, aber kein in Körner geschiedenes, und welche ich deshalb nach Sachs grünes Protoplasma nenne, befindet sich auch der ziemlich grosse, ebenfalls grün gefärbte Zellkern. Weil der grössere Theil des Innenraumes jeder Zelle mit farblosem Saft erfüllt ist, erscheint die junge Fichtennadel hellgrün. Später, um die oben angegebenen Zeiten, findet eine Sonderung dieser grünen Masse in rundlich eckige Körner statt, in ganz ähnlicher Weise, wie die Bildung der Chlorophyllkörner der Georgine von Sachs (Experimentalphysiologie, S. 318) dargestellt worden ist. So lange diese Absonderung in Körner noch nicht stattgefunden hat, färbt sich das formlose Chlorophyll mit Jod nur schmutzig olivengrün; dagegen lassen die Körner sehr bald nach ihrer Bildung mit Jod eine blaue Färbung in ihrem Centrum erkennen, welche um so mehr zunimmt je älter die Körner werden. Mit dieser Stärkebildung in den Chlorophyllkörnern, die sich schliesslich fast ganz und gar in Stärkekörner umwandeln, beginnt zugleich eine Vermehrung dieser Körner, so dass die Parenchymzellen sich bis spätestens Ende Juli mit dergleichen Körnern, welche dicht aneinander

gedrängt liegen, anfüllen. Dadurch erhält die Fichtennadel allmälig eine dunkelgrüne Farbe, denn jene Körner, obwohl sie fast ganz und gar aus Stärke bestehen, sind grün und mögen deshalb früher für blosse Chlorophyllkörner gehalten worden sein. Bei der Vermehrung der Körner scheint mir der Zellkern eine Rolle zu spielen. Ich habe nämlich wiederholt beobachtet, dass in bereits mit in Stärke umgewandelten Chlorophyllkörnern theilweis angefüllten Zellen anstatt eines Zellkerns Gruppen oder Haufen sehr kleiner grünlicher Körnchen vorhanden waren (Fig. 7), welche im Wasser des Objectträgers eine lebhafte Bewegung zeigten und durch Jod eben so rasch und intensiv blau gefärbt wurden, wie die grossen grünen Körner. Da diese Körnchen den Kernkörperchen des Zellenkerns sehr ähnlich sind, da ich ferner in vielen anderen diesjährigen Nadeln im Juli den Zellkern mehr oder weniger zusammengeschrumpft gesehen, in den Zellen vorjähriger Nadeln aber niemals einen Zellkern aufzufinden vermocht habe, so möchte ich beinahe glauben, dass der Zellkern in Körnchen zerfällt (seine Kernkörperchen frei werden) und diese sich in Stärkekörnchen umwandeln. Ob sich letztere durch Intussusception vergrössern oder dadurch, dass sich mehrere aneinanderlegen (ein zusammengesetztes Stärkekorn bilden), darüber habe ich mir nicht klar werden können. Es wäre auch möglich, dass die unmittelbar aus dem grünen Protoplasma hervorgehenden Körner sich durch Theilung vermehrten. Wenigstens habe ich in allen solchen Zellen, welche theils noch den Zellenkern, theils Haufen von Körnchen enthielten, an vielen der grösseren grünen Körner bei 700—900 maliger Vergrösserung eine Abgrenzung in 2 oder 3 Stücken wahrgenommen (Fig. 8). Ob solche Körner in der Theilung begriffen waren oder zusammengesetzte sind, habe ich nicht zu entscheiden vermocht. Sei dem, wie ihm wolle, die Parenchymzellen der Fichtennadel füllen sich vollständig mit rundlich eckigen grün gefärbten Stärkekörnern an, weshalb Hartig a. a. O. ganz recht hat, wenn er die Fichtennadel nächst dem Samenkorn der Gräser und vieler Leguminosen für den vielleicht stärkemehlreichsten Pflanzentheil erklärt. Dieselben bleiben auch damit gefüllt, denn ich habe sowohl im März als noch im Juli die vorjährigen, desgleichen die zwei-, drei-, vier- und fünfjährigen Nadeln, ebenso wie die diesjährigen in gleicher Weise von grünen Stärkekörnern strotzend gefunden. Während aber vor dem Wiedererwachen der Vegetation (also

im Winter) diese Körner in vorjährigen wie in älteren Nadeln durch Jod fast augenblicklich blau gefärbt werden, tritt nach der Entwickelung der Maitriebe (also nach dem Wiederbeginnen des Assimilationsprocesses) die blaue Färbung nicht so schnell und nicht so intensiv ein, ja viele Körner bleiben ungefärbt. Daraus dürfte doch wohl zu schliessen sein, dass die überwinterten Körner während der Entfaltung der Knospen einen Theil ihres Stärkegehalts (als Nahrung für die austreibenden Knospen) abgeben und hierauf während der Vegetationsperiode von Neuem Stärke bilden, bis sie am Schlusse derselben wieder durch und durch stärkehaltig sind. Diese Ansicht würde wenigstens mit den neueren und neuesten Untersuchungen von Sachs über die Stärkeerzeugung durch die Chlorophyllkörner und über deren Bedeutung harmoniren. Dass die Stärke der Fichtennadel als Reservestoff betrachtet werden muss, scheint mir durchaus nothwendig zu sein, denn wozu sollte sie sonst in so ungeheurer Masse in allen Nadeln aufgespeichert werden? — Ob in naturgemäss absterbenden Fichtennadeln die Stärke verschwunden ist, und ob auch in den Nadeln anderer immergrüner Coniferen eine ähnliche Stärkeaufspeicherung stattfindet oder nicht, darüber behalte ich mir weitere Mittheilungen vor, da zu einer befriedigenden Beantwortung dieser Fragen mindestens ein Jahr lang fortgesetzte Untersuchungen nothwendig sind. Schliesslich darf nicht unbemerkt gelassen werden, dass sich die ausgebildeten Stärkekörner aller Fichtennadeln bei Behandlung mit Jod (auch im Winter) niemals vollständig blau färben, sondern stets einen wenn auch noch so schmalen, durchscheinenden grünlichen Rand oder Saum erkennen lassen. Daraus scheint mir hervorzugehen, dass sie entweder eine grüne Hülle besitzen (mit anderen Worten: Stärke bildende Chlorophyllkörner sind) oder in grünes Protoplasma eingebettet liegen. Daraus ergiebt sich von selbst, dass Hartig's Behauptung, der zufolge nur in den vom Fichtenrost befallenen Nadeln der äussere scharfe Umriss der Stärkekörnerreihen vor deren angeblichen Umwandlung in einen Pilzfaden durch einen schmalen ungefärbten Raum von der durch Jod sich tiefblau färbenden Substanz geschieden sein soll, nicht richtig sein kann. Ebenso unhaltbar ist natürlich auch die von Stein und Rees aufgestellte Behauptung, dass in den am Fichtenrost erkrankten Nadeln das Mycelium des Pilzes das Stärkemehl erzeuge, und demgemäss nur jene kranken Nadeln von Mitte Juli an

mit Stärkemehl dicht erfüllt seien. Indessen war dieser Irrthum verzeihlich, wenigstens in dem Falle, dass die genannten Forscher gesunde Fichtennadeln nicht untersucht haben. Ich habe nämlich immer beobachtet, dass in der jungen von dem in der Entwickelung begriffenen Mycelium bewohnten Fichtennadel diejenigen Parenchymzellen zuerst sich mit stärkehaltigen Chlorophyllkörnern anfüllen, welche mit dem Mycelium in Berührung kommen. In den gelb gefleckten oder der Quere nach gegürtelten Nadeln (Mitte bis Ende Juli), wo innerhalb der gelben Parthieen das Mycelium bereits sehr deutlich entwickelt zu sein pflegt, erscheinen nur die Parenchymzellen dieser Stellen mit wandständigen Stärkekörnern von gelblicher Farbe theilweis angefüllt, während das Parenchym der gesund gebliebenen Stellen noch formloses grünes Protoplasma oder Chlorophyllkörner, die noch gar nicht oder erst undeutlich auf Stärke reagiren, enthält. Es beschleunigt folglich der sich entwickelnde Pilz die Umwandlung des Chlorophylls in Stärke; nimmermehr aber kann derselbe die Ursache der Stärkebildung sein, sonst wäre es ja gar nicht möglich, dass die gesunden Fichtennadeln jeden Alters ausnahmslos mit Stärke angefüllt sein könnten. Uebrigens ist in den mit dem Mycelium in Berührung gekommenen Parenchymzellen noch Ende Juli zwischen den bereits gebildeten Stärkekörnern immer noch feinkörniges, freilich nicht mehr grün, sondern gelb gefärbtes Protoplasma vorhanden. Im Winter findet man gerade das umgekehrte Verhältniss bezüglich der Vertheilung des Stärkemehls zwischen den grünen und orangegelb gefärbten Stellen der vom Pilz bewohnten Nadeln. Dann nämlich ist *in* den kranken Parthieen das Stärkemehl aus dem von üppig wucherndem Mycelium durchzogenen Parenchym grösstentheils verschwunden, während in den grün gebliebenen Theilen, wo keine Spur des Mycelium wahrgenommen werden kann, die Parenchymzellen ebenso von grünen Stärkekörnern strotzen, wie in den ganz gesunden vorjährigen und älteren Nadlen.

Sehen wir nun noch genauer zu, in welchen Beziehungen der Pilz zum Stärkemehl der Fichtennadel stehen mag. Wie schon oben bemerkt, scheint das ganz junge in der ersten Entwickelung begriffene Mycelium nur die grossen zwischen den Parenchymschichten befindlichen Intercellularräume zu bewohnen. Einige Wochen später, wenn die Nadeln äusserlich deutlich gelbfleckig erscheinen, findet man diese

Intercellularräume bereits von wirren Geflechten farbloser, scharf contourirter Myceliumfäden durchzogen, welche an den Berührungsstellen der angrenzenden, mittlerweile mit Stärkekörnern angefüllten Parenchymzellen zwischen und in diese hineingedrungen sind (Figur 8 f, 9). Dieselben enthalten erst wenige und schwach gelblich gefärbte Oeltropfen von verschiedener Form. Bei Anwendung von Jod färbt sich das gelbliche Stärkemehl jener Parenchymzellen sofort lebhaft blau, während die zarten Myceliumschläuche eine gelbe (oft goldgelbe), die Oeltropfen dagegen eine schmutzig grüne, oft in's Bläuliche oder Schwärzliche ziehende Färbung annehmen. Genau ebenso färbt sich das in dem älteren Mycelium, im Fruchtlager und in den Keimschläuchen der Sporen und Sporidien reichlich enthaltene goldgelbe Oel und goldgelbe Protoplasma. Niemals habe ich eine wirklich blaue, der Jodstärke ähnliche Färbung bei Behandlung des Myceliums, sei es mit wässriger Jodlösung, oder mit Jodkaliumlösung, oder mit Chlorzinkjodlösung eintreten sehen. Die in die mit Stärkekörnern angefüllten Parenchymzellen eingedrungenen Myceliumschläuche wuchern nun innerhalb derselben nicht minder üppig, als zuvor in den Intercellularräumen. Sie umschlingen und umstricken förmlich die Stärkekörner, welche durch sie in Klumpen zusammengedrängt und offenbar ausgesogen werden. Denn gegen die Zeit der Fructification des Pilzes hin findet man in den vom Mycelium bewohnten Parenchymzellen, deren Wandungen nur selten wirklich zerstört zu werden scheinen, reichliche Mengen eckig-rundlicher, oft sogar regelmässig sechseckiger (als Scheiben erscheinender) Körner, welche sich mit Jod nicht mehr blau, sondern ebenso schmutzig grün und bläulich schillernd färben, wie die Oeltropfen der Hyphen. Diese Körner, welche ich für identisch mit den von Hartig erwähnten krystallinischen Körnern halte, können nichts Anderes sein, als ausgesogene Stärkekörner, denn sie befinden sich nicht allein an deren Stelle, sondern haben auch genau deren Durchmesser und Ansehen. Auch befinden sich häufig einzelne noch wohl erhaltene, mit Jod blau werdende Stärkekörner darunter. — Woher kommt nun das goldgelbe fette Oel, welches dieser Rostpilz in so reichlichem Maasse enthält? Es lässt sich darauf natürlich keine bestimmte Antwort geben; da aber bei anderen physiologischen Processen, z. B. bei der Ablagerung fetten Oeles in den Zellen ölhaltiger Samen, durch Sachs u. A. die

Entstehung des fetten Oels aus Stärkemehl nachgewiesen worden ist, und da die Menge des Oels in den Hyphen in dem Maasse zunimmt, als das Stärkemehl verschwindet, so möchte ich die Ansicht aufzustellen wagen, dass das Oel des Pilzes durch dessen chemisch zersetzende und umbildende Thätigkeit aus der Granulose der Stärkekörner hervorgehe.*) Eine solche Annahme erklärt allerdings noch nicht die goldgelbe Färbung jenes Oels. Vielleicht könnte dieselbe von dem Phylloxanthin des Chlorophylls (der grünen Umhüllung der Stärkekörner) herrühren, da letzteres jedenfalls auch zersetzt wird, worauf die gelbe Färbung derselben deutet, und der grüne Farbstoff des Chlorophylls nach Frémy aus einem gelben (Phylloxanthin) und einem blauen (Phyllocyan) zusammengesetzt ist.

Aus diesen hier mitgetheilten Untersuchungen, so mangelhaft dieselben sein mögen, dürfte doch gewiss soviel als sicher hervorgehen, dass die Chrysomyxa Abietis nimmermehr aus dem Stärkemehl der Fichtennadel entsteht, sondern dass dieser Pilz sich zuerst in den Intercellularräumen des Parenchyms der Nadel entwickelt und in die Zellen eindringend von deren Stärkemehl ernährt, dass derselbe folglich ein echter Parasit ist und die gesunde Nadel krank zu machen vermag. Seit Rees das Eindringen der Keimschläuche durch die Epidermis der Nadel nachgewiesen hat, kann ohnehin an dem Parasitismus dieses Pilzes und an dessen Entstehung aus Keimen nicht mehr gezweifelt werden. Schliesslich erwähne ich noch, dass ich in allen von dem Pilz bewohnten Nadeln, sowohl innerhalb der Zellen als in den Intercellularräumen, zwischen den Myceliumfäden kleine sich mehr oder weniger lebhaft bewegende contractile Zellen beobachtet habe, deren Herkunft und Bestimmung mir unbekannt geblieben ist. Von den aus zerschnittenen Hyphen herausgetretenen Oeltropfen, welche, wie alle Oeltropfen, im Wasser des Objectträgers ebenfalls eine Bewegung zeigen, sind jene Zellen (Gonidien?) an der Contractilität ihrer Membran und der dadurch bedingten Veränderung ihrer Gestalt leicht zu unterscheiden.

---

*) Eine ähnliche Umwandlung von Chlorophyll und Stärke durch die Thätigkeit eines thierischen Parasiten hat bereits Karsten in den sogenannten Zersetzungskugeln von Oedogonium beobachtet. Vgl. Gesammelte Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen, S. 383 ff., Taf. XXV.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XV.

Fig. 1. Keimende Sporen (Teleutosporen), das Promycelium entwickelnd. Dieses noch ungegliedert, dicht mit goldgelbem Protoplasma und Oeltropfen erfüllt. Bei *a* die Sporidien erzeugenden Zweige (Sterigmen) in der Bildung begriffen, bei *b* ausgebildet, auf- und abwärts gerichtet. Eine Sporidie in der Entwickelung begriffen.

Fig. 2. Stück einer Kette von Sporen, von denen zwei gekeimt haben. Die endständige hat drei Keimschläuche entwickelt. Die Promyceliumschläuche mit durch Vacuolenbildung gitterförmigem Protoplasma, welches Oeltropfen einschliesst, erfüllt.

Fig. 3. Stück eines Promyceliumschlauches, stärker vergrössert. *a.* Vacuolen, *b.* Oeltropfen im goldgelben Protoplasma.

Fig. 4. Gegliederter entleerter Promyceliumfaden mit Sterigmen, von denen zwei reife Sporidien tragen.

Fig. 5. Keimende Sporidien. *a.* Sporidien, welche sich ihrer äusseren Schale entledigen, *b.* gekeimte Sporidie, *c.* eine solche, welche eine Secundärsporidie entwickelt, *d.* gekeimte Sporidie mit lang gestrecktem Keimschlauch, welcher Oeltropfen enthält, *e.* eine andere mit sich verzweigendem Keimschlauch.

Fig. 6. Stückchen eines senkrechten Längsschnittes durch eine junge, von der Chrysomyxa befallenen Fichtennadel. *a.* Epidermiszellen, *b.* darunter liegende, sehr dickwandige Bastzellen, *c.* das in senkrechte Querschichten geschiedene Parenchym, *d.* Zellen der Gefässbündelscheide, *e.* Intercellularraum, *f.* Parenchymzellen, welche durch den Einfluss der in den angrenzenden Intercellularräumen zur Entwickelung gelangten Myceliums sich mit Stärkemehl angefüllt haben. In einigen ist der Zellenkern noch erhalten, welcher auch in allen mit dem Pilz noch nicht in Berührung gekommenen Parenchymzellen (c), die sämmtlich nur zum Theil mit grünem Protoplasma erfüllt sind, sichtbar ist.

Fig. 7. Eine Parenchymzelle aus dem Querschnitt einer jungen Fichtennadel. *a.* Ausgebildete Stärkekörner, *b.* Haufen kleiner Stärkekörnchen, welche durch Zerfallen des Zellenkerns entstanden zu sein scheinen.

Fig. 8. Einzelne der grösseren Stärkekörner, stark vergrössert.

Fig. 9. Zwei Parenchymzellenreihen aus einer vom Rostpilz bewohnten diesjährigen Fichtennadel. Die beiden Zellenreihen stammen aus demjenigen Theil einer Parenchymschicht, welcher sich neben dem Gefässbündel befindet und folglich den Raum zwischen der oberen und unteren Epidermis einnimmt. Alle Zellen sind mit grossen Stärkekörnern angefüllt, welche gelb erscheinen. Der zwischen den beiden Reihen befindliche grosse Intercellu'arraum ist von einem Geflecht farbloser, stellenweis mit gelblichem Oel erfüllter Myceliumfäden durchzogen, welches hier und da auch in die Zellen eingedrungen erscheint.

Ueber Fichtennadelrost.

Von

Professor Dr. **Julius Münter**
zu Greifswald.

(Hierzu Tafel XVI und XVII.)*)

Bezeichnet man mit dem Namen „Rost diejenigen Krankheitserscheinungen der Gewächse, bei welchen grössere oder kleinere, rundliche oder längliche Staubhäufchen verschiedener, meist bräunlicher oder gelbröthlicher Färbung aus der Oberhaut grüner Pflanzentheile, insbesondere der Blätter und Stengel hervorbrechen", wie es Kühn in seinen „Krankheiten der Culturgewächse, 1858, p. 90" und bereits vor ihm Meyen (in der Pflanzenpathologie 1841, p. 125) gethan, so kann kein Zweifel darüber bestehen, dass jene an den Nadelblättern unserer deutschen Fichte (Picea excelsa [Lmck.] Lk.) neuerdings überaus verhereend auftretende Krankheit, welche den Anforderungen obiger Diagnose so vollkommen Genüge leistet, den Namen Fichtennadelrost verdiente, wenn nicht eine bereits ältere Bezeichnung: „Gelbsucht der Fichten — auch Gelbfleckigkeit der Fichtennadeln" bereits existirte und die im Titel gewählte Bezeichnungsweise fraglich erscheinen liesse.

Obschon nun streng genommen, wie sich aus nachfolgenden Mittheilungen ergeben wird, keiner der aufgeführten Namen den ganzen Verlauf der Fichtennadelkrankheit schlagend ausdrückt, indem durch

*) Zum Druck eingesendet den 27. August 1866. D. R.

die Bezeichnung: Gelbsucht, Gelbfleckigkeit nur das erste Stadium seinen Ausdruck findet und die von mir zuerst gewählte Bezeichnung: Fichtennadelrost eigentlich nur das zweite Stadium in's Auge fasst, während das dritte Stadium unbezeichnet bleibt, so habe ich mich dennoch für die Benennung: Fichtennadelrost und zwar deshalb entschieden, weil durch das Wort: Rost wenigstens eine Hinweisung auf die veranlassende Ursache, einen Schmarotzerpilz, gegeben ist und mit dem Abschlusse des zweiten so sehr charakteristischen Stadiums in der Regel die — verfrühte — Ablösung der Nadel vom Zweige erfolgt, überdies aber der Name Gelbsucht in den Pflanzenpathologien einem anderen und bestimmt charakterisirten Siechthum bereits beigelegt worden ist.

Zur Literatur.

Die bis jetzt in Deutschland veröffentlichten Schriften über Pflanzenpathologie von Plenck, v. Ehrenfels, Wiegmann, Unger, Meyen und Kühn, obschon sie sämmtlich in mehr oder weniger ausführlicher Weise die Gelbsucht besprechen, gedenken des Fichtennadelrostes nicht, während ein Sendschreiben an Prof. Schönlein von F. Unger, betitelt: Beiträge zur vergleichenden Pathologie, Wien 1840. 4°. c. tab., auf 29 Quartseiten unter der Bezeichnung: „Chrysomyxa Abietis, eine neue Krankheitsform der Fichte", unzweifelhaft die fragliche Krankheit erläutert. Dass jedoch dieselbe Krankheit bereits von Wallroth und v. Berg in der Behlen'schen Forst- und Jagdzeitung 1831—1834 mehrfach Gegenstand der Discussion gewesen und dem Schmarotzerpilze, der eigentlich veranlassenden Ursache derselben, der Name Blennoria Abietis von Wallroth beigelegt worden war, hatte Unger seiner Zeit nicht in Erfahrung gebracht.

Der umfänglichen Arbeit Unger's ungeachtet, fand das von dem Verfasser derselben aufgestellte Pilzgenus: Chrysomyxa doch kein bleibendes Unterkommen in den mykologischen Systemen der Folgezeit. Rabenhorst (Deutschlands Kryptogamen-Flora I, p. 68) sieht in der Chrysomyxa Unger's das Chaetosporium Corda's und substituirt dem letzteren, welches keine Sporen besitzt, den Namen: Chaetotrichum, dieses selbst aber den Phylleriaceen einreihend. — Fries, der scharfsinnige schwedische Mykolog, lässt Chaetosporium

zwar fallen, erklärt aber in seiner 1849 erschienenen: Summa vegetabilium Scandinaviae Sect. post. p. 519 Nota *), dass Chrysomyxa doch wohl einen autonomen Pilz bezeichnen möge, dessen Fructification bis jetzt nur noch nicht nachgewiesen sei, und führt denselben daher wenigstens interimistisch noch unter den Phylleriaceen. Bonorden dagegen (Hdbuch d. allg. Mykologie 1851) ignorirt die vorsichtige Bemerkung von Fries und nennt p. 313 Chrysomyxa geradezu einen „Pflanzenauswuchs". — Streinz geht in seinem Nomenclator fungorum 1861, p. 185 mit Rabenhorst, indem er nur Chrysomyxa graminis Ung. = Chaetotrichum graminis Rbh. gelten und mithin gleich den Uebrigen Chrysomyxa Abietis Ung. fallen lässt.

Gelang es demnach dem Fichtennadelroste bisher nicht, sich einen Platz im Systeme der Mykologie zu erringen, so erregte er doch fortgesetzt die Aufmerksamkeit der Forstmänner und derer, welche dem Forstfache näher standen. — Bereits 1853 beleuchtete Professor Stein, damals zu Tharand, im 9. Bande des Tharander Jahrbuches (p. 105 u. ff.) den Antheil, welchen ein Pilz an der Erkrankung der Fichtennadeln nahm, der eben, wie man jetzt weiss, kein anderer ist, als der von Wallroth und Unger bereits gemeinte und theilweise auch beschriebene Coniomycet. Um Schnepfenthal sah ihn 1864 und 1865 A. Röse, desgl. bei Laubach im Grossherzogthum Hessen Graf H. zu Solms-Laubach 1864. Im Jahre 1865 fand Max Reess die Krankheit bei Walldürn im badischen Odenwalde und, nach mündlicher Mittheilung, Herr Prof. Dr. Hartig am Nordrande des Harzes oder um Braunschweig; desgleichen Prof. de Bary und M. Reess um Freiburg im Breisgau, während ich selbst ihn erst 1866 an der baltischen Küste um Greifswald fand. — Allein von diesen mehrfachen neueren Beobachtern der Krankheit und des dieselbe veranlassenden Pilzes sind doch nur und zwar erst in jüngster Zeit zwei Arbeiten erschienen, von denen die eine von M. Reess sich in No. 51 u. 52 der botanischen Zeitung (v. Mohl und v. Schlechtendal) vom 22. und 29. December 1865 und die andere von A. Röse sich im ersten Bande der von H. J. Meyer und Otto Dammer herausgegebenen Ergänzungsblätter zur Kenntniss der Gegenwart, Hildburghausen 1866, p. 686—688 niedergelegt findet.

Inwieweit forstliche Zeitschriften auf den Fichtennadelrost sonst noch eingegangen sein mögen, ist mir zur Zeit noch unbekannt, doch

scheint, nach einer Andeutung des Herrn A. Röse in Schnepfenthal, der Veröffentlichung einer Abhandlung in der allgemeinen Forst- und Jagdzeitung (1866) entgegengesehen werden zu können, die jedoch in den ersten sechs Nummern des diesjährigen Jahrganges noch nicht erschienen ist.

Die geographische Verbreitung

des Fichtennadelrostes anlangend, so ist dieselbe durch die vorstehenden Hinweisungen auf die vorhandene Literatur beinahe vollständig gegeben. Während Unger seine Chrysomyxa 1839 auf den Nadeln der Fichten des steyrischen Hochlandes fand, sah ich die Krankheit 27 Jahre später dicht am Ufer der Ostsee, wo sie 1866 sich zum ersten Male zeigte. Von Freiburg i. Br. und vom badischen Odenwalde, wo sie Reess und de Bary 1864 und 1865 fanden, bis nach Tharand und dem sächsischen Erzgebirge, wo sie von Stein (1850) beobachtet wurde, liegen die bis jetzt nachweisbaren äussersten Grenzen von West und Ost, sowie jene von Süd nach Nord. Innerhalb dieses Gebietes ist das Auftreten der Krankheit von Hartig im Braunschweigischen, vom Oberförster Rischmüller und Forstinspector Nissmann im Göttingischen, von v. Berg und Wallroth in anderen Theilen des Harzes, von A. Röse im Thüringerwalde, vom Forstinspector Roch im Voigtlande, vom Grafen H. zu Solms-Laubach im Grossherzogthum Hessen und im badischen Odenwalde; um Freiburg i. Br. bis zu 3400′ Meereshöhe von M. Reess nachgewiesen und steht nur zu wünschen, dass unter den angegebenen Orten des Vorkommens des Fichtennadelrostes nicht auch eine andere sehr ähnliche Fichtennadelkrankheit verstanden sein mag, welche ich jüngsthin durch Prof. Laurer in Greifswald, als aus der Schweiz herstammend, auch auf Fichten sah, eine Krankheit, die durch Peridermium elatinum (Alb. u. Schw.) Lk. veranlasst wird.

Leider geben die vorstehenden thatsächlichen Angaben über das bisherige Vorkommen des Fichtennadelrostes keine vollkommen zureichenden Anhaltspunkte über die Geschichte der Verbreitung. Jeder der bisherigen Beobachter fand sie in den ihm nahegelegenen Bezirken, die aber selbst wieder so weit und unvermittelt von einander entfernt liegen, dass sich über die innerhalb der 35 Jahre (seit welcher die Krankheit wissenschaftlicher Erkenntniss zugänglich geworden

ist) vollzogene Ausbreitung keine sicheren Schlüsse ziehen lassen. Nur das Eine vermag ich mit Sicherheit zu behaupten, dass der Fichtennadelrost in Neu-Vorpommern weder dem Königl. akad. Forstmeister Herrn Wiese zu Greifswald, noch dem Oberförster Herrn Witte in Poggendorf, noch mir vorgekommen ist, der ich doch bereits seit 18 Jahren unausgesetzt mein Augenmerk auf pflanzenpathologische Erscheinungen gerichtet habe. Ich selbst fand das Mycelium eines mir unbekannten Blattparasiten zuerst am 2. April 1866 an den Nadeln jüngerer Fichten, welche, zur Oberförsterei Poggendorf (Kreis Grimmen) gehörig, unweit der königl. Domaine Schmietkow sich in Cultur befinden. Da nun das Mycelium allein keinen sichern Anhalt zu einer Diagnose geben konnte und gab, pflegte ich die mitgebrachten Fichtenzweige unter meinen hermetisch schliessenden Glasglocken. Das nach 4 Wochen zum Abschlusse gelangte Culturresultat bestimmte mich einige Zeit darnach zur Wiederholung desselben Versuchs, z welchem mir Herr Domainenpächter Blauert zu Schmietkow in freundlichster Weise behülflich war. Die auf diesem Wege am 25. Mai erhaltenen frischen Zweige zeigten jedoch von den von mir im April c. erzielten Erfolgen so wesentlich verschiedene Erscheinungen, dass ich, gleichzeitig mit der Einleitung eines neuen Culturversuchs, meinem verehrten Freunde, dem Herrn Forstmeister Wiese, einen der frischen Originalzweige vorlegte, um eine frühere desfalsige Unterredung durch eine sichere Thatsache zu unterstützen. Dieser zufällige Umstand hatte zur Folge, dass ich unter Hrn. Wiese's Führung schon nach wenigen Tagen (am 29. Mai) im Koitenhagener Reviere, östlich von Greifswald, einen neuen Heerd des Fichtennadelrostes kennen lernte, welcher nahe genug lag, um ihn fernerhin öfters inspiciren zu können. Am 17. Juni hatte ich abermals Gelegenheit, denselben Rost in einem dritten Reviere, nordwestlich von Greifswald bei Kieshof (einem Universitätsgute), und endlich am 24. August unter einigen hundert vollkommen gesunden Bäumchen des Hanshagener Reviers, östlich von Greifswald, drei Bäumchen mit den ersten Anfängen der Krankheit an den Jahrestrieben 1866 aufzufinden, während alle übrigen Jahrestriebe derselben Pflanzen vollkommen gesund waren.

Allein an den ersten drei Fundorten waren die jungen Fichten ohne irgend eine Ausnahme im Jahre 1865 von dem Roste zum ersten Male befallen, entwickelten sich, wie aus fortgesetzten gleichzeitigen

Beobachtungen hervorging, durchaus in gleicher Weise und es lag auch nicht die geringste Veranlassung vor, um beweisen zu können, dass diese meilenweit auseinander gelegenen Centra der Krankheit in abhängigem Verhältnisse zu einander gestanden hätten. An jenen drei oben angegebenen Sitzen der Krankheit war dieselbe im Jahre 1865 den Nadeln des 1865er Jahrestriebes zum ersten Male und, wie ich mit einiger Sicherheit glaube behaupten zu dürfen, gleichzeitig und plötzlich einverleibt worden. Keine einzige Nadel aus einem früheren Jahrestriebe zeigte Spuren der Erkrankung und aus dieser sicher gestellten Thatsache lässt sich kein anderer Schluss ziehen, als dass die zur Verbreitung der Krankheit nothwendigen Pilzsporen aus einer südlichen Gegend herbeigeführt sein müssen, wobei überdies als bemerkenswerthes Factum hervorzuheben ist, dass die nordamerikanische Weissfichte (Picea alba), welche sich bei Kieshof abwechselnd mit Picea excelsa (Lmck) Lk angepflanzt findet, auch in unmittelbarster Berührung mit der letztern sich in keinem einzigen Falle erkrankt zeigte, dem Fichtennadelroste mithin keinen geeigneten Boden zur Entwicklung darbot.

Zur Pathologie.

So wie die Vorgänge des gesunden, so sind bekanntlich auch die des kranken Lebens nach Gesetzen der Nothwendigkeit zeitlich begrenzt und nehmen einen periodischen Verlauf, wie die Organismen selbst, Pflanzen sowohl als Thiere.

Diesen fundamentalen Erscheinungen und Gesetzen entsprechend, nimmt auch der Fichtennadelrost seinen cyclischen Verlauf. Derselbe beginnt mit einer Decoloration des Chlorophylls der Fichtennadel, welche entweder einen Theil derselben, bald in der Nähe der Spitze, bald in der Mitte, auf 1—3‴ lange Strecken hin gelbgrünlich erscheinen lässt, oder auch — und dieser Fall scheint der häufigste zu sein — indem sich gelbgrünliche Ringel zu 2, 3, . . . 6 und mehr in ungleichen Entfernungen und abwechselnd mit reingrünen Nadelaxenstücken zeigen. Diese Decoloration der Nadeln, welche einer befallenen Fichte schon von ziemlichen Entfernungen aus ein eigenthümliches Ansehen verleiht, findet sich stets nur an den Nadeln des letzten Jahrestriebes, beginnt in Neuvorpommern um die Mitte des Monats Juli, nachdem die Nadeln und der sie tragende Zweig

völlig ausgewachsen ist und dauert die nächstfolgenden Sommer-, Herbst- und Wintermonate hindurch, bis zum Anfange des Monates Mai des nächstfolgenden Jahres, um nun einer neuen Erscheinung Platz zu machen, die man als zweites Stadium anzusehen hat.

An den gelblicher gewordenen Ringeln und zwar zumeist auf der nach abwärts gerichteten Seite der Nadel reisst die Oberhaut derselben auf und zwar so, dass das der Länge nach abgelöste Epidermisstück entweder an der gegenüber befindlichen Längsseite mit dem übrigen Theile der Epidermis im Zusammenhange bleibt und sich einfach umschlägt, oder indem ein Epidermisstück sich an zwei entsprechenden Längsseiten und am vordern oder hintern kleinsten Rande löst und sich klappenartig zurückschlägt, um einer wulstigen orangefarbenen Masse den Hervorbruch zu gestatten, welche die Ablösung der Epidermis herbeiführend, aus dem Innern des Nadelparenchyms an die Oberfläche und über dieselbe hinaus hervorbricht. Seltener besteht die leuchtend rothgelb-gefärbte Masse aus einem kleinen rundlichen Häufchen, oder einigen kleinen länglich-rundlichen Häufchen. Meistentheils sind diese Häufchen länger gestreckt und folgen dem Parenchym zu beiden Seiten der den Medianus andeutenden Mittelfurche bei flachen Nadelformen, oder befinden sich zwischen zwei kantigen Vorsprüngen bei quadratischen Nadelformen. Die Längserstreckung dieser orangeroth-gefärbten Häufchen betrug unter 1/8", 1/4" bis 3/8", während ihre Breite kaum 1/32" rh. mass. Die Dauer dieser Häufchen lässt sich p. p. auf einen Monat veranschlagen; ich sammelte sie vom 18. Juni bis 18. Juli 1866 von allen drei Stationen, an welchen ich dieselbe überhaupt beobachtete.

Allmählig entfärben sich die orangefarbenen Häufchen, werden graulich und fällen entweder mit der sich ablösenden Nadel zu Boden oder lösen sich von ihrer Erzeugungsstätte der Art ab, dass sie eine kleine Höhlung an der angeheftet bleibenden Nadel zurücklassen. Der letztere Fall tritt jedoch nur dann ein, wenn ein kleines Stück der Nadel erkrankte und an der erkrankten Stelle nur ein einziges Häufchen zur Entwicklung gekommen war. In der weitaus überwiegendsten Mehrzahl der Fälle stirbt die Nadel und — fällt ab. — Ein Bäumchen, dessen vorjähriger Trieb entnadelt ist, während der vorvorjährige Trieb dunkelgrün kräftige Nadeln besitzt und dessen letztjähriger Trieb (also in Neuvorpommern um die Mitte des Mo-

nates Juli) mit frischen hellgrünen Nadeln besetzt ist, macht schon von Weitem einen seltsamen Eindruck und trägt die Beweismittel für die stattgehabte Erkrankung während der nächstfolgenden Vegetationsperiode wenigstens hinreichend erkennbar zur Schau. Leider aber bleibt es nicht bei dem einmaligen vorzeitigen Nadelfalle; denn kaum ist der neue diesjährige Jahrestrieb sammt seinen allmählig erhärtenden Nadeln ausgewachsen, so zeigen sich diese schon wieder in oben beschriebener Weise decolorirt und zwar meistens in grösserer Fülle mit jenen gelblichen Ringeln versehen, zwischen denen dunkler gefärbte Nadelstellen sich befinden, d. h. den Anfang zu neuer Erkrankung, die wiederum denselben Verlauf nimmt und, wie sich aus den Erfahrungen älterer Beobachter ergiebt, mit denselben Todeserscheinungen endet.

Wie lange unter solchen Einflüssen der allernachtheiligsten Art das Leben des jungen Baumes auszuharren vermag, ist mir nicht bekannt; dass aber eine mehrere Jahre lang in gleicher Weise fortbestehende Ertödtung der jüngsten Jahrestriebe eine kräftige Entwickelung des Holz- und Rindenkörpers vom Cambialringe aus beeinträchtigen und nachtheilig beeinflussen muss, liegt auf der Hand. Wünschenswerth wäre es daher, wenn in dieser Beziehung sorgfältige Beobachtungen in den Gegenden angestellt (und mitgetheilt) würden, wo die Krankheit schon seit einer Reihe von Jahren grassirt und ihre Verheerungen anrichtet; dass dieselbe im Thüringer Walde nach mehrjährigen Beobachtungen Besorgniss erregt, geht aus A. Röse's Referate (l. c. pag. 688) hervor. Eine Thatsache wenigstens giebt der Hoffnung Raum, dass der Tod der Gesammtpflanze vielleicht nicht eintritt, indem ich am 29. Juli 1866 in Gesellschaft und unter gütiger Beihülfe des Herrn Oberförster Witte zu Poggendorf im Schmietkower Reviere, behufs Beantwortung einer desfalsigen Frage, feststellen konnte, dass wohl die unteren und mittleren Zweige bis zur Höhe der senkrecht erhobenen Hand, seltener aber und in vielen Fällen gar nicht, die Nadeln derjenigen Zweige, welche sich höher als 7 Fuss befinden und namentlich auch die diesjährigen Nadeln der Hauptaxe wenig oder gar nicht sich erkrankt zeigten. Wäre dies ein allgemein beobachtetes Factum, so dürfte man hoffen, dass der Haupt-Axentrieb, durch das beeinträchtigte Längenwachsthum der unteren und mittleren Zweige gefördert, sich um so rascher aus der Zone der Zerstörung

erheben und allmählig eine Nebenaxenbildung in höheren Regionen herbeiführen möchte, die der fernern Vegetation und dem Bestehen der Gesammtpflanze nützlich würde.

Im Anschlusse an vorstehende Darstellung der makroskopischen Erscheinungen des Fichtennadelrostes dürfte es, bevor wir zur mikroskopischen Analyse derselben übergehen, sicher gerechtfertigt sein, einen Blick auf die Umstände zu thun, unter welchen sich derselbe findet. —

Die Erkrankung der Nadeln zeigt sich weder bei diesjährigen Keimlingen, noch bei Pflanzen von einem Alter unter 6 Jahren; selten findet man hie und da eine erkrankte Nadel bei Stämmchen von 6 - 10 Jahren; häufiger aber sind Bäumchen von 10—12 Jahren afficirt, während das Maximum des Ergriffenseins sich bei Pflanzen in einem Alter von 12—30 Jahren findet. Hochstämme, so viel ich deren auch untersuchte, ergaben auch nicht eine einzige kranke Nadel. Aus diesen vielfach geprüften und an allen vier mir bekannten Sitzen der Krankheit constatirten Thatsachen folgt, dass das reifere Pubertätsalter der Fichte als ein die Erkrankung begünstigendes Moment angesehen werden muss.

Im Betreff des lichteren oder dichteren Standes stellte sich aus den dahin zielenden Beobachtungen heraus, dass zwar keineswegs einzeln im Hochwalde stehende Stämmchen auch bei sehr freier Einzelstellung gänzlich verschont waren, dass aber doch ein dichtgedrängtes Beisammenstehen mit Durchflechtung der unteren und mittleren Zweige ein intensiveres Kranksein auch im ersten Jahre der Erkrankung zeigte. Indessen nahm es vielfach den Anschein, als ob die Nadeln derjenigen Zweige, welche, längs der Durchhaue und an Waldwegen, der Luft und dem Lichte frei ausgesetzt sich fanden, ganz besonders befallen waren.

Da nun schon ein dichterer Bestand sich für den Eintritt der Erkrankung als ein förderliches Moment ergab, so kann es nicht Wunder nehmen, wenn feuchtere Orte dem Fichtennadelroste günstig waren. Im Koitenhagener Reviere (um den Strohkamp bei Eldena) standen die am schwersten erkrankten, etwa 18—20jährigen Stämme von 20—25' Höhe, in Reihen abwechselnd mit Eichen angepflanzt, jedoch rings um diese Anpflanzung, namentlich nach Süd, West und Nord, befinden sich Hochstämme nordamerikanischer, zum Theil heimischer

Laubbäume und nur nach Ost findet sich in Folge eines daselbst angelegten Saatkampes eine freiere Waldstelle. Der Boden besteht an der betreffenden Stelle aus einem lehmigen aber humusreichen Sandboden, der bei dem grossen Vegetationsreichthum längere Zeit das atmosphärische Wasser festhält. – Im Kieshofer Reviere befanden sich die erkrankten Stämmchen (20—25 Jahr alt) zwar nach Osten ganz frei gestellt, aber auf einem mit wenig Sand gemischten Moorboden, indem das — auch botanisch anderweit berühmte — Kieshofer Torf-Moor dicht hinter der vom Greifswalder botanischen Garten aus erfolgten Anpflanzung seinen Anfang nimmt. An hinreichender Feuchtigkeit fehlt es demnach diesen Fichten zu keiner Jahreszeit. — Das Schmietkower Revier endlich (Oberförsterei Poggendorf, Kreis Grimmen), mit Fichten in allen Lebensaltern dicht bestanden (theils in reinen, theils in gemischten Laubholzbeständen), vorwiegend auf einem mit weniger Lehm gemischten Sandboden befindlich, besitzt demungeachtet und namentlich in einigen muldenförmigen Einsenkungen hinreichend grosse Flächen, welche atmosphärische Niederschläge aufzunehmen und festzuhalten vermögen, so dass es an allmählig verdunstendem Wasser im Allgemeinen nicht fehlen kann, dessen constante Wirkung sich auch überdies durch einen erheblich verbreiteten und leicht schon von Weitem erkennbaren Anflug von Flechten (Lichenes) auf den Nadeln selbst erkennbar macht. Die im Hanshagener Reviere anno 1866 zuerst erkrankten drei Bäumchen im Alter von circa 20—25 Jahren standen auf Sandboden im Kiefernhochwalde zerstreut. —

Da nun, wie sich aus Vorstehendem ergiebt, an allen vier neuvorpommerschen Heerden der Krankheit die Bodenbeschaffenheit eine so bemerklich verschiedene ist und die Krankheit demungeachtet sich bei so zahlreichen Fichtenstämmchen in einem Alter von 12—30 Jahren angefunden hat, so kann der Einfluss des Bodens, wenigstens dessen chemische Zusammensetzung von nur sehr geringer Bedeutung sein, indem, wenn ein derartiger Einfluss behauptet werden sollte, jedenfalls doch erst zu beweisen sein möchte, was in den Bodenverhältnissen sich so plötzlich geändert haben müsste, um drei dicht neben einander stehende Pflanzen im Alter von 3—4 Jahren, von 20—30 Jahren und circa 40—50 Jahren zu bestimmen, sich gegen den Eintritt der Krankheit so verschieden zu verhalten. Wenn man ein Beispiel suchte,

um die Hinfälligkeit der bei Gelegenheit der Seidenraupenkrankheit, der Weintraubenkrankheit, der bekannten Kartoffelkrankheit u. s. w. zur Sprache gebrachten nachtheiligen und namentlich schwächenden Einflüsse einseitig fortgesetzter Bodencultur zu erweisen, in der That ein Schlagenderes wäre kaum aufzufinden. Zum Theil viele Jahre lang standen die Fichten der Schmietkower Forst gesund und freudig wachsend neben einander, sich mit ihren Wurzeln vielfach durchkreuzend, vielleicht sogar sich ablactirend, aus einer und derselben Quelle ihre Nahrung ziehend; plötzlich tritt im Jahre 1865 die Erkrankung an den Nadeln der Jahrestriebe 1865 bei der jüngern Fichte auf, während der ältere Hochstamm und die sehr junge 1—4jährige Pflanze ganz davon verschont bleiben und überdies nur die Nadeln eines Jahrgangs erkranken, während die der älteren Jahrgänge alle gesund bleiben! —

Wie gesagt, die chemische Zusammensetzung des Bodens kann nicht blos, sondern muss bei der Beurtheilung des Fichtennadelrostes ganz unberücksichtigt bleiben, wohl aber sind dessen physicalische Verhältnisse, insbesondere seine wasserhaltenden Eigenschaften der Beachtung werth und sodann die reichere oder ärmere Vegetationsdecke, insofern dieselbe der raschen Wasserverdunstung hindernd entgegentritt oder dieselbe fördern hilft.

Die mikroskopische Analyse

der mit unbewaffnetem Auge oder auch unter Anwendung einer einfachen Loupe erkennbaren krankhaften Erscheinungen, wie sie oben beschrieben worden sind, giebt demnach einzig und allein den wünschenswerthen sicheren Aufschluss über deren Natur und den Schlüssel zur Erklärung der begünstigenden Momente, von welchen zuletzt die Rede war.

Der anatomische Bau der Fichtennadel, bereits durch Unger (l. c. pag. 4 – 7. Abbildung Fig. 3, 6, 7) ausführlicher dargelegt, kann füglich hier nicht noch einmal in ganzer Ausdehnung Gegenstand der Behandlung werden, nichts destoweniger aber ist es zum Verständniss der krankhaften Vorgänge nicht ganz zu umgehen, hier in wenigen Worten das Wesentliche des Baues der Fichtennadel zu wiederholen.

Während alle Nadeln darin mit einander übereinstimmen, dass sie durch einen kurzen Blattstiel mit der Axe verbunden sind (Taf. XVI,

Fig. 1 bis 8) und der Blattstiel mit der Nadelbasis sich abgliedert. verhält sich doch der Querschnitt der Nadeln der Hauptaxe, sowie der der Nebenaxen (Individuen 2ter, 3ter u. s. w. Ordnung) verschieden. Die Nadeln der Hauptaxe sind vorwiegend vierkantig und die sich rechtwinklig schneidenden Durchmesser nahezu einander gleich, oder der tangentiale Durchmesser grösser als der radiale. — Die Nadeln der Nebenaxen, obschon ebenfalls mit 4 vorspringenden Kanten der Länge nach versehen, besitzen vorherrschend zwei ungleiche Durchmesser. Der Durchmesser der Nadel, welcher in den verlängerten Radius des Zweiges fällt (der radiale Diameter), ist um ein wesentliches grösser, als der Quermesser der Nadel, welcher in einen Parallelkreis des Axencylinders fallen würde (d. h. also der tangentiale Diameter). Die Nadeln an den Axen 2ter u. s. w. Ordnung sind in der That vorwiegend seitlich comprimirt und gleich dem folium ensiforme der Irideen mit einer der schmalsten Seiten, d. h. einer sehr vortretenden Kante, der Axe zugewandt. Wie aber auch die Form der Nadel auf dem Querschnitt gestaltet sein möge, immer befindet sich im Centrum der Nadel ein Bündel langgestreckter meist dickwandiger Zellen, von denen ein Theil Bastzellen (Taf. XVI, Fig. 10, a), ein anderer Theil Holzzellen (Taf. XVI, Fig. 10, b) von sehr geringem Querdurchmesser sind, die sich gleich jenen im radialen Durchmesser der Nadel befinden und in zwei Gruppen rechts und links von einer oder zwei Reihen von markstrahlartigen Zellen angeordnet sind. Dieses eigenthümliche Holzbündel wird von Zellen begrenzt, deren Lumen um Vieles grösser ist, als das der übrigen Gefässbündelzellen und deren grösster Querdurchmesser im Kreisbogen liegt.

Um dieses centrale Holzbündel, in welchem Spiralgefässe gänzlich fehlen, befindet sich ein grossmaschiges Parenchym (Fig. 10, m), welches sich bei ältern Nadeln in Folge horizontaler Zwischenräume scheibenartig übereinander geschichtet findet. Diese Parenchymzellen sind ausser von wässrigen Flüssigkeiten mit licht-grünem Chlorophyll erfüllt, deren Grundlage bei ältern Nadeln Stärkemehl ist. Nach aussen von diesen Parenchymzellen befindet sich eine meist einfache Lage langgestreckter Bastzellen, zuweilen aber und namentlich an den am weitesten auseinanderstehenden Kanten verdoppelt sich die Bastzellenhülle (Fig. 10, f). Bei sehr zahlreichen Nadeln befindet sich an der Grenze der Parenchym- und Bastzellen ein — ätherisches Oel resp.

auch Harze führender — Längscanal und zwar, wenn vorhanden, in der Kante der Nadel, welche in deren tangentialem Durchmesser liegt. Sind zwei derartige Canäle in einer Nadel vorhanden, so liegen beide im tangentialen Durchmesser der Nadel an der Grenze der Parenchym- und Bastzellen. Um diese letztern endlich befindet sich eine Lage von Epidermiszellen (Fig. 10, d), deren Lumen auf dem Nadelquerschnitte nicht sowohl im Sinne des Radius, sondern im Sinne der Tangente den grössten Durchmesser besitzt und bei einem Flächenschnitte eine auffallende Aehnlichkeit mit den Epidermiszellen der Gräser zeigen. In diesen namentlich an der Aussenfläche dickwandigen Epidermiszellen liegen zahlreiche Spaltöffnungen linear angeordnet, und unter denselben die bekannten Athemhöhlen. — Ist man, wie es durch einige gute Quer- und Längsschnitte leicht möglich wird, mit der Architectonik der Fichtennadel-Elementarorgane hinreichend bekannt, so ist es nicht schwer die Alterationen richtig zu beurtheilen, welche sich bei erkrankten Nadeln vorfinden.

Innerhalb der ersten vier Wochen nach Eintritt der ringförmigen gelblichen Decoloration erkennt man in den erweiterten Intercellularräumen eine Zellenform, die der Fichtennadel durchaus fremd ist. Fadenförmige zartwandige Zellen von sehr geringem Querdurchmesser — vielfach hin- und hergebogen und sich anastomosirend, theilweise Aestchen bildend, welche sich ebenfalls wieder in geschlängelter Form weiter entwickeln, durchziehen die Intercellularräume (Taf. XVI, Fig. 1 bis 4), legen sich an die Parenchymzellen an und senden auch in deren Inneres hinein einen oder einige Aestchen, wobei das Chlorophyll seine hellgrüne Farbe verliert und allmählig auch das den Chlorophyllkörnern zu Grunde liegende Stärkemehl zur Resorption gelangt. Dass diese geschlängelten Fäden mit ihrem anfangs farblosen, dann allmählig orangefarbene Oeltröpfchen führenden Inhalte das Mycelium eines Pilzes darstellen, wird jedem Beobachter, der nur einigermaassen mit den in Blattparenchymen auftretenden Pilzmycelien vertraut ist, sofort einleuchten. Aber auch dem geübtesten Beobachter wird es unmöglich aus dem blossen Mycelium sofort zu bestimmen, welcher Fruchtträger sich aus demselben entwickeln und zu welcher Gattung der betreffende Pilz zu ziehen sein wird.

Das Mycelium des Fichtennadelrostpilzes (der vorwiegend optisch wahrnehmbare Theil desselben während 10 voller Monate) bleibt aus

angegebenem Grunde ebenso lange Zeit unbestimmbar und ist ganz geeignet die Spannung eines ungeduldigen Beobachters, der das Unglück hat, dasselbe etwa gegen Ende Juli an den kranken Nadeln zum ersten Male aufzufinden, auf eine sehr harte Probe zu stellen. Unger, der erste Entdecker des Mycels und der Anfänge zur Bildung von Fruchtträgern, war insofern glücklich, als er, wahrscheinlich im Monate Mai, bei Graz beides zugleich auffand und auf Grund seiner gewonnenen Erfahrungen die Krankheit mit dem Namen Chrysomyxa Abietis benennen konnte, darunter eine exanthematische Krankheitsform (einen Afterorganismus) verstehend, dem die Fähigkeit „gleich vielen andern Pflanzenexanthemen Sporidien" zu erzeugen abgeht, der „die Bedingungen seines Entstehens nur in dem Mutterorganismus" findet und somit „auf spontane Weise erzeugt" angesehen werden muss, dessen Entstehung endlich „von Anomalien der den betreffenden Organen (Respirationsorganen) zukommenden Functionen abhängig" ist (Unger l. c. p. 11). —

Gestattet der heutige Standpunkt der Pflanzenpathologie auch nicht mehr, dergleichen Hypothesen zum Ausgangspunkte weiterer Betrachtungen und Untersuchungen zu nehmen, so verbleibt, wenn man den Kern aus der Schale heraushebt, immerhin Unger das wesentliche Verdienst, zuerst das Auftreten des Fichtennadelrost-Mycels in den „Athemhöhlen" wahrgenommen und dessen Entwickelung und Verbreitung nach den Luftgängen des Blattes hin zuerst verfolgt zu haben. Dass es demselben geistreichen Forscher nicht gelang die Sporidien der (pag. 23) von ihm mit Recht zu den Uredineen gestellten Chrysomyxa Abietis Ung. aufzufinden und derselbe in Folge dessen die Sporidienbildung der Chrysomyxa absprach, führte den für den Entdecker dieses Parasiten wenig günstigen Umstand herbei, dass alle Mykologen die Chrysomyxa ignorirten, oder doch nur zu den Phylleriaceen stellten, deren Aufnahme in ein System von Pilzen fernerhin jedoch nicht mehr zulässig ist, weil diese eben nur durch Acarinen veranlasste Oberhautzellenwucherungen darstellen. Nur Fries, wie wir oben sahen, vermuthet in der Chrysomyxa einen selbstständigen Pilz, dessen Fructification 1849 noch nicht aufgefunden war (Summa veget. p. 519 Nota*).

Sehr richtig erkannte es auch bereits Unger (l. c. p. 24 und 25), dass der unter der Blattepidermis zu „utriculos asporos" sich ge-

staltende Pilz von Aecidium elatinum Albert. u. Schwein. sowohl, als auch von Aecidium columnare Albert. und Schwein. verschieden sei, begeht jedoch dabei den Irrthum, das Aecidium elatinum Albert. und Schwein. für synonym mit Caeoma piceatum Lk. zu halten, was, wie unten gezeigt werden wird, nicht geschehen durfte. Leider beschreibt Unger seine Utriculi aspori nur sehr kurz, indem er denselben zwar die Befähigung zur Erweiterung der Astspitzen zuerkennt, aber ihnen das Vermögen abspricht, gleich den übrigen Uredineen „kugelförmige Massen" (Sporen?) abzuschnüren und abzuwerfen. Die in der Unger'schen Fig. 3 (bei g) gegebene Darstellung, weiter illustrirt durch Fig. 8 a, beweist, dass die aus dem Mycel entstehenden, unter der Blattepidermis hervorbrechenden gelben Gebilde in continuo mit den Mycelialfäden zusammenhängen, mithin eine weitere Entwickelung derselben sind und die Neigung zur Ramification besitzen, während sie ab und zu nicht aus einer, sondern aus mehreren Zellen zusammengesetzt sind. Die betreffenden Figuren geben aber auch den Beweis, dass Unger ein jüngeres Stadium abgebildet hat, während, wenn die Zeichnungen vielleicht 14 Tage später angefertigt worden wären, die Sporenbildung nicht übersehen worden sein könnte.

Das Fehlende, d. h. der Nachweis der Sporenerzeugung an den keulig-dichotomischen Gebilden, wie sie durch Unger bekannt geworden waren, liess lange Zeit auf sich warten. — Fünfundzwanzig Jahre später erst lieferte Max Reess (wie oben angegeben) die erste Darstellung der Chrysomyxa-Sporidien und rettete damit das Formgenus, welches Unger (l. c. p. 24) aufgestellt hatte.

Die Chrysomyxa-Sporidien sind rund, viel kleiner als die Sporen von Peridermium abietinum Lk. und entstehen weder in Schläuchen noch in Reihen nach Art der Coleosporium- oder Aecidium-Sporen, sondern auf Stielchen (Sterigmata), welche eben so lang oder mehrmals länger sind als der Sporidium-Durchmesser. Nach Reess aber misst eine Sporidie 0,0040—0,0044 Millim., besitzt eine zarte Membran ohne irgend welche Unebenheiten (Warzen etc.) auf der Oberfläche und ist keimfähig. Das Stielchen, welches die Sporidie trägt, ist sehr dünn, fadenförmig und wie die später sich abschnürende Spore mit gelblich gefärbtem, fein-grumosem Inhalte erfüllt, in welchem das Färbende feinvertheilte Oeltröpfchen sind.

Die Sterigmata aber gehen aus der oder den Endzellen eigen-

thümlicher Gebilde hervor, die durch Unger nur in den jüngeren Zuständen gesehen, von M. Reess aber Fig. 1 und 11. theilweise in einer Form dargestellt und beschrieben sind, wie ich sie während fünfmonatlicher Untersuchungen niemals zu sehen Gelegenheit gehabt habe. Reess nennt sie Teleutosporenzellen, giebt von denselben an, dass sie sich von ihrer Ursprungszelle niemals ablösen und analog den Teleutosporen von Coleosporium keimen, d. h. aus ihrem oberen Ende ein Promycelium in Gestalt eines gekrümmten Schlauches von 0,0033 bis 0,0044 Millim. Weite heraussenden, die sich durch Querwände in 4 Zellen theilen. Aus jeder also entstandenen Promycelialzelle treibt ein Sterigma, das, an dem freien Ende allmählig sich ausdehnend, aus dieser Auftreibung selbst, eine Spore bildet.

Von den das Fruchtlager bildenden Teleutosporenzellen wird weiter von M. Reess angegeben, dass sie aus dem im Nadelparenchym verbreiteten Mycelium hervorgehen, welches selbst erst dicht unter der Nadelepidermis in ein „reichmaschiges, aus äusserst schmalen Fäden bestehendes, feines Netzwerk" übergeht, aus welchem „durch Querwände in 8—12 cylindrische Zellen getheilte Schläuche von 0,0066—0,0077 Millim. Weite" gegen die Epidermis hin sich in grosser Zahl entwickeln sollen. „Durch das Wachsthum dieser Schläuche des Stroma's bersten im Frühjahr (Ende April) die Epidermis und die ihr zunächstliegende Parenchymzellenreihe, worauf das Fruchtlager des Pilzes als das oben beschriebene orangegelbe Polster hervortritt."

Nach meinen Beobachtungen an neuvorpommerschen Fichten (unterm 54° 4′ nördl. Br.) treiben die betreffenden Gebilde erst Mitte Mai und später so gegen die Nadelepidermis, dass dieselbe aufreisst und das orangegelbe Polster ansichtig werden lässt. Allein wo und wann auch immer ich das Polster untersuchte, stets bestand es aus vielfach dichotomisch verzweigten Zellen (Taf. XVII, Fig. 1), welche von einer einfachen Basalzelle aus sich entwickelten. Nur bei sehr jugendlichen Polsteranlagen, die von der Blattepidermis noch dicht bedeckt waren und diese noch nicht wesentlich erhoben hatten, sah ich gelbe keulige Gebilde nahezu von der Form derer, wie sie Unger (Taf. I, Fig. 8a) abbildete, jedoch um die Hälfte kleiner. Von diesen basalständigen keulenförmigen Gebilden aus geht die Gabelspaltung der Spitze und deren weitere Ramification. Hat diese eine hinreichende

Ausbildung erlangt und ist in Folge des Spitzenwachsthums der Aeste die Epidermis durchbrochen, so verlängern sich die cylindrischen oben abgerundeten Aeste zu dünnen, fadenartigen Gebilden, welche am obersten Ende anschwellen und zur Sporidie werden, die sich endlich von der Astspitze (Sterigma) ablöst und zwischen die übrigen Gabelastenden einstreut — wo man sie um Mitte Juni vielfach aufgestreut und auch keimend findet — oder von denselben abfliegt. In Fig. 10, Taf. XVII ist eine Parthie dergleichen Gabelastenden mit dazwischen gelagerten Sporen abgebildet, während in Fig. 12 die ebendaselbst keimend vorgefundenen Sporidien dargestellt sind. Während der Ausbildung der Sporidie geht der gesammte Zellinhalt aus der obersten Zelle, von welcher sich das Sterigma entwickelte, durch dieses in die Sporidie über, wodurch nach Ablösung der Sporidie die oberste Endzelle entleert wird.

Nach Entleerung der Endzelle treibt, wie aus Fig. 6 hervorgeht, die nächst untere Zelle einen Seitenast, der wiederum sich verlängernd, am Gipfel eine Spore bildet, bis allmählig die grösste Mehrzahl der im Polster vorhandenen freien Gabelastspitzen erschöpft d. h. ihres Inhaltes beraubt ist und nur noch hier und da einzelne Oeltropfen in den unteren Zellen restiren (Fig. 13—15), die für sich allein jedoch nicht hinreichend sind, um einer neuen Sporidie den nöthigen Bedarf an brauchbarem Inhalte zu liefern, um selbstständig werden zu können.

Meiner Auffassung gemäss besteht demnach das organgefarbene, frei an die Nadeloberfläche und über dieselbe hinaus entwickelte Fruchtlager nicht aus Teleutosporen, sondern aus Basidien, deren Sterigmata endständige Sporen erzeugen. Eine Figur, wie sie von Max Reess Fig. 1 und 11 gegeben wurde, vermochte ich nicht zur Darstellung zu bringen. Freilich kannte ich, als ich meine Zeichnungen entwarf, die Reess'schen Abbildungen nicht, und so wäre es möglich, dass ich mich geirrt hätte. Allein auch, nachdem ich dieselben kennen gelernt hatte und sofort zu einer erneuten Untersuchung der am 28. Mai und 6. Juni c. gesammelten und trocken conservirten Nadeln geschritten war, wurde es mir doch in keinem einzigen Falle möglich, derartige, einfache, septirte, keulenförmige Schläuche zu präpariren. Immer nur fand ich die sogenannten Teleutosporen (Basidien) in der von mir Fig. 1, Taf. XVII abgebildeten Weise.

Vermochte ich in dieser Frage keine vollkommene Uebereinstim-

mung zwischen den Reess'schen und meinen Beobachtungen herbeizuführen, so war dies ebensowenig der Fall im Betreff der in Fig. 11 von Reess mit mg (Myceliumgeflecht) bezeichneten Ursprungsstelle seiner Teleutosporen. Viele und sehr sorgfältige Schnitte bei 350 und 500maliger Vergrösserung untersucht, ergaben stets nur ein Gewirr von Fäden, welches aus der innigen Aneinanderlagerung der hier dichter zusammengedrängten Mycelialfäden bestand. Niemals vermochte ich es, ein so schönes, reines Parenchymgewebe darzustellen und zu untersuchen. Eine Ansicht, wie die Reess'sche Fig. 1 an der entsprechenden Stelle wiedergiebt, entsprach bei Weitem eher dem beobachteten Thatbestande. Freilich soll auch Fig. 11 den Octoberzustand darstellen, wie aus der Erklärung der Abbildungen hervorgeht, während Fig. 1 den Maizustand wiedergeben soll. Ich werde mich also noch einige Monate getrösten müssen, um das mit Stärkemehl reich erfüllte Parenchym in einer Form sehen zu können, wie die Fig. 11 bei mg angiebt. Nach meiner Meinung aber stehen diese mg-Zellen in einem so grossen Missverhältnisse zu den ep (Epidermis)-Zellen, dass ich mich von der Voraussetzung nicht losmachen kann, dass unter den mg-Zellen, von welchen die Teleutosporen ausgehen sollen, wohl etwas Anderes verstanden werden muss. — Parenchymzellen der Fichtennadel sind es jedenfalls nicht, auch wenn sie alle mit Amylum dicht erfüllt gezeichnet wären. Was diese mg-Zellen aber sonst für Zellen sein sollen, ist mir durchaus unverständlich. — Bis zur Mitte August sah ich überall nur grosse mit Chlorophyll oder mit Chlorophyll und Amylum erfüllte Zellen, zwischen denen und in denen die mit hellgelblichen Tröpfchen spärlich erfüllten Mycelialfäden sich hindurchschlängelten.

Nach den bis jetzt festgestellten Thatsachen ergiebt sich, dass:

1. das erste Stadium (das der Fleckenbildung auf den Nadeln) durch ein zwischen und in den Zellen des Nadelparenchyms befindliches Mycelium eines Pilzes veranlasst wird, welches ein allmählig immer dunkler sich färbendes fettes Oel in dessen gewundenen vielfach anastomosirenden Zellen in Tropfenform führt und bei der grossen Häufigkeit derartiger Mycelialfäden gelblich durchscheint, dass aber ausserdem auch das Chlorophyll der Parenchymzellen schwindet und farbloses Amylum

sich in grösseren Quantitäten in Stelle des Chlorophylls ausbildet.

Dieses Stadium dauert in Neuvorpommern von Mitte Juli des einen Jahres bis circa Mitte Juni des nächstfolgenden Jahres (10—11 Monate).

2. Das zweite Stadium (das der Bildung eines rostfarbenen Fruchtlagers und der Ausbildung der Sporen) beginnt in Neuvorpommern gegen das Ende des Monats Mai und kann gegen Mitte Juli in der Mehrzahl der Fälle als abgelaufen angesehen werden. Im Beginn dieses Stadiums wird die Oberhaut aufgerissen und aus einer Spalte derselben wachsen zahlreiche polychotomisch sich verzweigende, ab und zu septirte Fruchtträger, welche an ihren oberen freien Astenden Sterigmata und an deren äussersten Spitzen Sporidien erzeugen, während nach Ablösung der letzteren die tiefer darunter befindlichen Zellen der vielästigen Basidien fähig sind, denselben Process zu wiederholen.

Zur Diagnose.

Aus dem Vorstehenden geht mit Evidenz hervor, dass Unger, obschon ihm die Wallroth'schen Vorarbeiten unbekannt blieben, doch im grossen Ganzen die Ursache der von ihm ausführlicher beschriebenen Fichtennadelkrankheit, den Fichtennadelrost, wie ich ihn nenne, sicher erkannt und in einem parasitisch lebenden Pilze gesucht hat, den er mit dem Namen: Chrysomyxa Abietis belegte und nur insofern unvollständig beschrieb, als er demselben die Sporen absprach. Seine l. c. pag. 24 gegebene Diagnose lautete:

Chrysomyxa. Stroma mucoso-granulosum inferius in floccos simplices vel ramosos, superius in utriculos asporos secedens parenchymate plantarum vegeto innatum.

Chrysomyxa Abietis maculis elongatis, uni-v. biserialibus, flavo-rubicundis, dein epidermide rupta cinctis.

In foliis Pini Abietis L.

Dass diese Diagnose einer wesentlichen Abänderung, gemäss der heutigen Kenntniss des Parasiten, bedarf, liegt auf der Hand. In der XI. Centurie der Fungi europaei, welche Herr Dr. Rabenhorst dem-

16

nächst herausgeben wird, habe ich den von mir gelieferten trockenen Exemplaren folgende Beschreibung beigegeben:

Chrysomyxa Abietis Unger Fichtenrost. (Beitr. zur vergleich. Pathologie, Wien 1840, 4°. c. tab.). Maculis flavescentibus annulatis, acervis plus minus elongatis flavo-rubicundis, dein epidermide cinctis; basidiis ramificatis, sterigmatibus brevibus, sporidiis rotundatis flavo-aurantiacis.

In foliis acerosis Piceae excelsae (Lmck.) Lk. m. Junii in Pomer. occid.

Die vorläufige Selbstständigkeit dieses Uredineen-Formgenus dürfte durch diese kurze Beschreibung sattsam dargethan und bewiesen sein, dass dasselbe mit Blennoria Fr. nicht zu vereinen ist. Wallroth selbst beschreibt in der Flora crypt. Germaniae IV, pag. 226 Blennoria also: Sporidia elongata cylindrica utrinque truncata diaphana simplicia minutissima, cum pseudostromate hypophloeode gelatinoso in tuberculum erumpens conglutinata. Kein einziges Moment dieser Diagnose trifft mit der von mir emendirten der Chrysomyxa überein; zufolge dessen muss von der älteren, aber durchweg verfehlten Benennung: Blennoria abgesehen und der Unger'sche Name beibehalten werden, wenn auch derselbe sich auf das „Stroma mucoso-granulosum" gründet, welches factisch nicht existirt. Indessen die Bezeichnung: Chrysomyxa ist, wie ich unten zu beweisen gedenke, auch nur der Name für eine Lebensform des Parasiten und hat deshalb sicher wenig Gewicht. Für dasjenige Stadium der Pflanze, für welches er von mir beibehalten ist, hat er eben nur den Werth eines Namens für ein Formgenus, nicht aber für einen abgeschlossen Formencyclus.

Zunächst aber möchte noch zu erweisen sein, dass die bisher auf Fichtennadeln gefundenen Parasiten weder identisch mit der Chrysomyxa sind, noch mit derselben irgend wie genetisch zusammengehören.

In dieser Beziehung sind nur zwei auf Fichtennadeln beobachtete Schmarotzer in Betracht zu ziehen, nämlich: Peridermium elatinum Lk. und Caeoma piceatum Lk.

Peridermium elatinum Lk., ursprünglich von den Entdeckern Albertini und v. Schweinitz als Aecidium elatinum beschrieben, besitzt eine in das Nadelparenchym eingesenkte besondere Hülle (Peridie), in welche die reihenweise geordneten, ziemlich grossen, eckigen Sporen mit ihrer warzig netzförmigen Oberfläche eingebettet sind. Die

Sporenhäufchen befinden sich meist in 2 Reihen zu beiden Seiten des Medianus in Furchen der Nadel und afficiren dieselbe nur local, d. h. unmittelbar an ihrer Insertionsstelle, nicht wie Chrysomyxa auf grössere oder kleinere Strecken. Dieser die Edeltanne vorwiegend bewohnende Schmarotzer kommt, wie die mir vom Prof. Dr. Laurer in Greifswald gütigst überlassenen Präparate beweisen, in der Schweiz wenigstens, auch auf Picea excelsa (Lmck.) Lk. vor, ist jedoch mit Chrysomyxa in keiner Weise verwandt und mit derselben schwerlich zu verwechseln.

Schwieriger dagegen wird die Feststellung der Grenzen zwischen Chrysomyxa und Caeoma piceatum Lk. — Die Entdecker desselben waren ebenfalls Albertini und v. Schweinitz, welche ihn (p. 120 sub No. 334) als Aecidium abietinum beschrieben und abbildeten.

Die Originaldiagnose lautete: Macula lutea, peridiis parallele seriatis nudis sparsis vel subconfluentibus oblongo-compressis albidis apice dentato-laceris, pulvere aurantiaco.*)

Eine flüchtige Ansicht der beigegebenen Abbildungen in Verbindung mit der Diagnose giebt der Voraussetzung eine gewisse Unterlage, dass unter diesem Aecidium abietinum wohl unsere Chrysomyxa verstanden werden könnte; namentlich die gelborange umschriebenen Flecken, auf welchen sich die in der Abbildung verzeichneten Peridien mit dem orangefarbenen Inhalte entwickeln sollen. Sieht man in der angeblichen Peridie die aufgerissene Epidermis und nimmt man es mit dem „pulvis aurantiacus" nicht allzu genau, so lässt sich in dem Aecidium abietinum die Chrysomyxa Abietis wiedererkennen. In der That bringt Link (Linné Species plantarum Tom. VI, Pars II, p. 62, Berol. 1824) den Albertini-v. Schweinitz'schen Fichtennadelschmarotzer nicht unter das von ihm aufgestellte Subgenus Peridermium, sondern als Caeoma piceatum unter Aecidium und charakterisirt denselben folgendermaassen:

*) Näheres giebt die Beschreibung, welche hier ebenfalls wörtlich ihre Stelle finden möge: „Macula circumscripta, luculenta, vivide lutea, in aurantiacum nonnunquam vergens, visum e longinquo attrahit. Peridia interdum teretiuscula: sed plerumque compressa forma aeque ac magnitudine ad Aecid. Pini proxime accedunt. Os fungilli aperti inaequaliter dentato-lacerum tribui (Tab. V, fig. 5. A.), aliquanto propius sequentibus existit: dentes tamen in icone nostra justo reguläriores apparent. In folia Abietis (propaginum imprimis novarum) maculae steriles dilutiores vulgatae, nec fertiles (praesertim subtus) aestate pluvia rarae. Junio, Julio, Augusto.

„Maculis flavis, pseudoperidiis seriatis ovalibus, sporidiis aurantiacis"

hiezu bemerkend:

„Ad Peridermia loco et forma transit, at apice rumpitur uti Aecidia vera. Confertim at seriato nec nisi in macula nascitur."

Dass Link auch später bei dieser Ansicht verbleibt, geht aus der im Jahre 1833 von ihm besorgten Ausgabe des Willdenow'schen Grundrisses der Kräuterkunde genugsam hervor, wo er pag. 447 das Caeoma piceatum abermals beschreibt, dasselbe aber nicht dem von ihm begründeten und aufrecht erhaltenen Peridermium, sondern Aecidium subsumirt.

Demungeachtet stellt C. Sprengel in der 16ten Ausgabe des Linné'schen Systema vegetabilium im Jahre 1827, die Link'schen Angaben ignorirend, das Aecidium abietinum Alb. u. Schw. unter sein Genus Uredo und beschreibt es also: „Sporangiis spuriis macula aurea cinctis oblongis albidis ore dentato-laceris sporidiis aurantiacis."

Von Link steht nun, nach einer brieflichen Mittheilung desselben an Dr. Rabenhorst, die Letzterer unterm 2. Juli c. so freundlich war, mir bekannt zu geben, sicher fest, dass er das Caeoma piceatum niemals selbst gesehen hat. Ein Gleiches darf man wohl von Sprengel annehmen.

Bei einer so zweifelhaften Sachlage muss es nun doppelt befremden, zwei neuere Autoren einen Namen gebrauchen zu sehen, der auch nicht die geringste historische Berechtigung hat und geradezu einer thatsächlichen Grundlage entbehrt.

In den Schriften des Gartenbau-Vereins für die königlich preuss. Staaten, Jahrg. I, pag. 170 spricht nämlich A. Braun von einem „Peridermium abietinum" und ebenso Streinz in seinem Nomenclator fungorum, Vindob. 1861. 8vo, Heft IV, pag. 637; der Letztere zu diesem ganz unmotivirten Namen „Lk. Spec. II, pag. 66" citirend, während Link ausdrücklich, sowohl anno 1824 als auch 1833, gegen eine Subsumtion des Caeoma piceatum (Aecid. abiet. Alb. u. Schw.) unter Peridermium protestirt! — Alle übrigen Mycologen übergehen Caeoma piceatum Lk. mit Stillschweigen. Keiner ausser Albertini und v. Schweinitz scheint es gesehen zu haben und leider lässt die Originalbeschreibung und lassen auch die späteren Beschreibungen so Vieles zu wünschen übrig, dass es wahrscheinlich niemals mit Evidenz

erwiesen werden wird und erwiesen werden kann, was eigentlich unter Aecidium abietinum (Caeoma piceatum Lk.) verstanden werden soll, weil die Art der Sporenbildung von den betreffenden Autoren nicht angegeben worden ist. Das Wahrscheinlichste bleibt es anzunehmen, dass darunter die Unger'sche Chrysomyxa Abietis in der gegenwärtigen Auffassung gemeint sein mag.

Die macula lutea circumscripta kommt beiden Gebilden zu und fehlt dem Peridermium elatinum Lk. Die angebliche Peridie (offenbar die aufgerissene Blattepidermis) ist nach der Angabe von Albertini und v. Schweinitz verzeichnet, also im Wesentlichen zu ignoriren. „E longinquo" sind beide ihrer leuchtenden Orangefarbe willen leicht zu erkennen und beide finden sich nur an „propaginibus imprimis novis". Die maculae steriles sind nach Albertini und v. Schweinitz „dilutiores vulgatae" und ich möchte, da die nur erst mit Mycelien durchzogenen Nadelstellen eine derartige Farbe ebenfalls besitzen, in denselben noch nicht aufgebrochene Stromata der Chrysomyxa sehen. Die länglich gestreckte, seitlich zusammengedrückte Form des Fruchtträgers stimmt in beiden Fällen, auch trifft zu, dass bei Caeoma piceatum sowohl, als auch bei Chrysomyxa das Fruchtlager theils einzeln, theils aus mehreren zusammengeflossen auftritt. Die Sporenfarbe ist für beide Pilze als „orange" bezeichnet worden und erwägt man, dass Albertini und v. Schweinitz im Anfange dieses Jahrhunderts sicherlich nur mit der Loupe und nicht mit dem Mikroskope gearbeitet haben und es denselben somit nicht möglich war, Basidien und Sterigmata zu erkennen, so fehlt in der That sehr wenig, um die Ansicht zu rechtfertigen, dass unter Caeoma piceatum Lk. (Aecidium abietinum Alb. u. Schw.) die Unger'sche Chrysomyxa Abietis verstanden werden kann. Ich selbst wenigstens bin nicht abgeneigt anzunehmen, dass eine solche Substitution zulässig sein dürfte. Dann käme die Albertini-Schweinitz'sche Pflanze wieder zu ihrem Rechte, nähme den sicher wohl verdienten Platz in dem mykologischen Systeme ein, woraus sie seit 1833 ganz verschwunden ist, und man hätte einen weiteren Beweis, dass der 1865 erst in Neuvorpommern erschienene Fichtennadelrost bereits seit dem Anfange dieses Jahrhunderts Gegenstand wissenschaftlicher Erforschung gewesen ist, aber in Folge mangelhafter Darstellungen sich zweimal eine grosse Reihe von Jahren hindurch der Wiederauffindung entzogen hat.

Schliesslich dürfte es angemessen erscheinen, das Verhältniss des Bonorden'schen Genus Erannium zu Chrysomyxa in Erwägung zu ziehen.

Bekanntlich stellte Bonorden in den Abhandlungen der naturforschenden Gesellschaft zu Halle 1860. 4° p. 181 ein Genus: Erannium (ἐραννος, anmuthig) auf, dessen „Sporen von langen keuligen Zellen (Sporisoria) abgesondert werden. Diese Zellen liegen im Mutterboden halb verborgen, sie sind gefüllt mit kleinen gelben oder orangefarbenen Molecülen und glänzenden Oeltröpfchen und liegen in Gruppen vereinigt zusammen. Ihre stumpfen Enden sind nach der Blattfläche gerichtet, das untere verdünnte Ende der keuligen Zelle geht unmittelbar in ein ästiges wurzelartiges Mycelium über," welches „eine Menge glänzender orangefarbener oder gelber Molecüle enthält". „Die oberen Enden der Sporisorien und die davon abgesonderten Sporen sind mit der Epidermis bedeckt und bilden so gallertartig aussehende flache Erhabenheiten, welche sich öffnen, worauf die keuligen Zellen mit den Sporen an der verlängerten Spitze hervortreten und dann flache, in der Mitte vertiefte Acervuli bilden. Die Sporen sind kuglig oder oval und undurchsichtig und werden in der Weise gebildet, dass die Sporisorien sich oben zuspitzen, dann an der Spitze ein Bläschen hervortreiben, welches sich mit Sporenplasma und einem Oeltröpfchen füllt und nach und nach zur Spore ausbildet. Die Sporen werden mit einem kurzen Stiele versehen abgeworfen," der jedoch später verschwindet, ohne eigentlich sich abzulösen etc.

Vergleicht man die Unger'sche Abbildung Fig. 3 mit der von Bonorden auf Tab. I, Fig. 12b bei starker Vergrösserung gezeichneten Darstellung, so könnte man sich versucht fühlen, beide Gebilde für völlig identisch zu halten. — Auch die von M. Reess gegebene Figur 11 (auf Taf. XIII, der Bot. Ztg. 1865), sowie die auf beifolgender Tafel XVII, Fig. 10 niedergelegte Abbildung lässt der Vermuthung einigen Spielraum, dass es sich um ein verwandtes Gebilde handeln möchte. Erwägt man jedoch, dass die Sporisorien der Gattung Erannium weder verzweigt, noch gegliedert auftreten, dass die Sporen sich, mit kurzen Stielchen versehen, ablösen; dass endlich die Acervuli „Anfangs gallertartige", und nach Ablösung der Epidermis der Mutterpflanze „flache, in der Mitte vertiefte" Erhabenheiten bilden, so schwindet jede Möglichkeit einer Vereinigung der

Chrysomyxa Unger mit Erannium Bonorden, und es bleibt als Schlusssatz, dass die bis auf die Untersuchung durch M. Reess aus dem mykologischen Systeme ausgeschlossen gewesene Chrysomyxa Abietis Unger (die eigentliche Ursache des Fichtennadelrostes) nunmehr ihr volles Recht auf systematische Existenz erlangt hat und von allen ihr irgendwie näherstehenden parasitischen Pilzformen wohl unterschieden, vielleicht aber mit dem Caeoma piceatum Lk. identisch ist.

Aetiologie und Prognosis.

Das theils thatsächlich nachgewiesene, theils wahrscheinlich gemachte Auftreten des Fichtennadelrostes in den verschiedensten Gegenden Deutschlands, sowohl in den höheren Gebirgen als in der norddeutschen Tiefebene — bis dicht an den Strand der Ostsee — nicht minder aber die historisch nachweisbare Ausbreitung jenes fast stets mit der vorfrühen Ablösung — dem Tode — der Fichtennadel endenden Parasiten unterstützen die Voraussage, dass die fernere Ausbreitung in derselben Weise von Statten gehen wird, wie es bisher der Fall war. Gegenden, welche von der Chrysomyxa Abietis Ung. bisher verschont geblieben waren, werden in mehr oder weniger ferner Zeit denselben Schmarotzer zugeführt erhalten und ein einmal etablirter neuer Sitz der Krankheit wird zu einem Centrum der ferneren localen Ausbreitung werden, weil die Chrysomyxa vermöge ihrer massenhaft erzeugten Sporen fähig ist, sich fortzupflanzen, bisher ganz verschonte Stämmchen anzustecken und sich auf die neuen Sprossen von den im vorigen Jahre zuerst erkrankten Nadeln aus zu übertragen.

Die Sporen sind, wie aus M. Reess' und meinen Beobachtungen hervorgeht, keimfähig, d. h. sie entwickeln aus ihrer Anfangs glatten Kugeloberfläche und zwar, wie ich gesehen zu haben meine, aus der secundären inneren Membran, welche durch die Aussenhaut hindurchbricht, eine schlauchförmige Verlängerung, deren vorderstes Ende durch die junge Nadelepidermis in die Parenchymzellen hineindringt und nun theils in den erweiterten Intercellularräumen, theils in den Chlorophyll führenden Parenchymzellen der Nadeln zu jenem reich verzweigten, vielfach anastomosirenden Mycelium sich entwickelt, welches nach 9—10 Monaten die Sporen bildenden Basidien, nach

Durchbrechung der Epidermis, an die Oberfläche der Nadeln behufs Ausstreuung der Sporen emporsendet.

Die von mir in Betreff der Sporen-Aussaat und Keimung auf den Nadeloberflächen angestellten mikroskopischen Untersuchungen gaben freilich leider ein negatives Resultat; allein dieses erfolglose Bemühen berechtigt keinenfalls zu der Behauptung, dass der Vorgang in der vorhin dargestellten Weise nicht statt habe. M. Reess war Anfangs auch nicht so glücklich, an im Freien gesammelten jungen Zweigen das stattgehabte Eindringen der Keimschläuche in die Nadelepidermis zu beobachten. Wohl aber glückte es demselben (l. c. pag. 388), nachdem er Sporidien tragende Fruchtlager vorjähriger Nadeln mit der Pincette auf junge Triebe brachte und nach 18stündigem Aufliegen dieselben entfernte, um Schimmelbildung zu verhüten. Nach zwei Tagen zeigten sich bei fortwährendem Aufenthalte in feuchter Atmosphäre die Sporenkeimschläuche reichlich entwickelt, meist senkrecht gegen die Epidermis hinwachsend und endlich (wie aus Reess' Abbildungen Fig. 8, 9, 10 hervorgeht) nach Durchbohrung der Epidermiszelle in dieselbe eingedrungen.

Meine ohne Kenntniss dieser Reess'schen Versuche angestellten eigenen Experimente konnte ich der Zeitumstände willen leider nicht täglich controlliren, und als ich zu deren mikroskopischer Untersuchung herantrat, d. h. etwa 8 - 10 Tage nach Einleitung des Versuchs, waren die in feuchter Luft hermetisch abgeschlossenen jungen Zweige, von Arthrobotrys derart überzogen, dass ein sicheres Resultat rücksichtlich des Eindringens gekeimter Chrysomyxa - Sporen nicht mehr zu gewinnen war.

Immerhin aber ist die Keimfähigkeit der Chrysomyxa-Sporen kurz nach deren Ablösung von den Sterigmata unzweifelhaft festgestellt; es ist fernerhin, wenigstens durch Reess' Versuche dargethan, dass die Sporenschlauchspitzen durch die Epidermis junger Nadeln in das Innere derselben eindringen und in und zwischen dem Blattparenchym zu einem vielverzweigten, vielfach anastomosirenden Mycelium heranwachsen (dessen Zellen sich allmählig mit gelb und später orange gefärbten Oeltröpfchen in ihren farblosen Zellsäften mehr oder weniger reichlich erfüllt zeigen), um endlich, wenigstens nach Reess' Beobachtungen, im October sich zu einem subepidermoidalen Fruchtlager

auszubilden, von welchem im Mai und Juni die Sporenausstreuung auf junge Fichtennadeln stattfindet.

Durch diese bis jetzt einzig und allein nur festzustellenden Thatsachen ist jede sonst wohl mögliche Annahme anderer den Fichtennadelrost veranlassender Ursachen definitiv ausgeschlossen.

Von geschwächter Organisationskraft in Folge forcirter Cultur, oder in Folge unterbliebener oder stattgehabter Verpflanzung, kann bei einem so plötzlichen Eintritte der Erkrankung um so weniger die Rede sein, als alle Nadeln desselben Bäumchens vor erfolgter Infection durch Pilzsporen sich vollkommen intact verhalten und gesund zeigen. Schmarotzerthiere können aber ebensowenig als Ursache der Entstehung in Betracht kommen, weil dergleichen in keiner Weise nachweisbar sind. Desgleichen kann als zureichendes und alleiniges Erklärungsmoment für den Fichtennadelrost weder die Witterung, noch der Boden in Anspruch genommen werden. — Seit dem vieljährigen Bestehen des Rostes ist die Witterung unzweifelhaft eine höchst verschiedene gewesen, hat aber weder dazu führen können, die weitere Verbreitung der Krankheit zu hindern, noch gesunde Bäumchen in Gegenden krank zu machen, wo die Krankheit bereits in nächster Nähe haust, während feuchte Wärme sicher das Keimen der Sporen fördert und bewegte Luft zum Weitertransport der keimfähigen Sporen reichlich beigetragen hat und auch ferner beitragen wird. Kann man in dem Zusammentreffen derartiger Witterungsverhältnisse mithin nur ein Förderungsmittel des Rostes erkennen, so ist auch der Boden nur als ein untergeordnetes Moment zur Verbreitung der Krankheit anzusehen, insofern derselbe nämlich fähig ist, Wasser anzuhalten und allmählig zur Verdunstung zu bringen; denn in feuchten Waldorten findet sich der Rost intensiver entwickelt, als in trockenen. Gesellt sich überdies zu feuchtem Boden ein dichter Bestand der Bäume selbst, so sind der Uebertragung der krankmachenden Chrysomyxa-Sporen und deren Keimung auf jungen Nadeln alle wünschenswerthen Bedingungen gegeben und unterbreitet.

Cur und Prophylaxis.

Wenn sich, wie es in Neuvorpommern im Jahre 1865/66 der Fall war, der Fichtennadelrost zum ersten Male an Bäumchen von 10 bis 30 Jahren vorfindet, welche in Gärten und Parks einzeln oder

in kleinen Gruppen stehen, so kann ein mit den Krankheitserscheinungen vertrauter Gärtner die Weiterverbreitung des Rostes dadurch verhüten, dass er im Spätherbste alle Zweige entfernt, deren Nadeln gelbgeringelt sind. Geschieht diese Aussonderung alles Erkrankten noch während des folgenden Frühjahres bis zum Juni wenigstens mit aller Sorgfalt, so ist es keinem Zweifel unterworfen, dass die Verheerung, welche ein unbekämpfter Rost durch Entnadelung der vorjährigen Sprossen herbeiführt, mit Sicherheit unterbleibt. Dabei ist aber noch zu beachten, dass die abgeschnittenen Zweige sämmtlich verbrannt werden müssen und nicht in der Nähe der Fichtenbäumchen liegen bleiben; aus Gründen, welche unten angeführt sind.

Ein anderes Mittel, um diesen umständlichen Arbeiten zu begegnen, liegt darin, dass der Gärtner fortan Picea excelsa (Lmck) Lk bei Parkanlagen meidet und statt derselben Picea alba anpflanzt, weil letztere, obschon mit der erkrankten excelsa in dichtester Zweigverflechtung stehend, bis jetzt nirgends vom Roste befallen worden ist.

Entstehen aber schon für den Parkgärtner erhebliche Schwierigkeiten, wenn es sich um Bekämpfung und womöglich um Beseitigung des Fichtennadelrostes handelt, so kann von einem ähnlichen, allein nur zum Ziele führenden Verfahren beim forstlichen Anbau der Fichten keine Rede sein. Wo ganze Waldorte, wie z. B. es im Poggendorfer Reviere (s. o.) der Fall ist, mit einem Male vom Roste befallen werden, wo Tausende junger vielverzweigter Bäume fast momentan erkranken, kann von einer Beseitigung erkrankter Zweige durch Abschneiden derselben nicht die Rede sein und das „laisser faire" ist demnach die einzige und richtigste Maassregel, die der Forstmann, einer solchen Verheerung gegenüber, einhalten kann.

Da, wie es scheint, vorwiegend die Zweige in Mannshöhe und ein wenig darüber hinaus sich bisher erkrankt zeigen, während der Haupt- oder Axentrieb nur sehr spärlich kranke Nadeln nachweist, so ist es nicht unmöglich, dass der, seiner untern Zweige zwar beraubte Jungstamm, nachdem er Jahre lang eine vita minima bewahrt hat, durch Sprossbildung in höheren Regionen der Hauptaxe sich verjüngend und allmählig erstarkend, die Zeit der Noth überwindet. Freilich sind mir keine dahin zielenden Beobachtungen und Erfahrungen bekannt, wahrscheinlich aber in forstlichen Zeitschriften hier oder da niedergelegt und des Hervorsuchens werth. Jedenfalls werden diejenigen Forst-

beamten, in deren Revieren Fichten cultivirt werden, welche nachweisbar am Nadelroste laboriren, der Wissenschaft und Praxis einen grossen Dienst erweisen, wenn sie fortgesetzt darüber Nachricht geben wollten, inwieweit die Fichte im Stande ist den Eingriffen des Rostes Widerstand zu leisten und ob sie vermag denselben gänzlich zu überwinden, vorausgesetzt, dass sie allgemeiner erkrankt war. Wäre die deutsche Fichte ausser Stande ihr Leben über die Zeit dieser Pubertäts-Krankheit hinaus zu bewahren, so müsste freilich vor deren forstlichem Anbau geradezu für die Zukunft abgesehen werden, ein Satz, den ich jedoch heute noch nicht als maassgebend ansehen möchte und dem ich im Interesse unseres Waldbaues jede Berechtigung abgesprochen wünsche.

Einerseits, um nicht den Gang der Darstellung zu unterbrechen, andererseits, weil nach erfolgter Ausbildung der Chrysomyxa-Fruchtlager das Nadelblatt stirbt und sich ablöst und endlich, weil keiner der bisherigen Beobachter und Beschreiber des Fichtennadelrostes weiterer Vorkommnisse Erwähnung thut, unterliess ich es im Vorstehenden von einer Erfahrung Mittheilung zu machen, welche ich früher zu machen Gelegenheit hatte, noch bevor ich die Fruchtlager der Chrysomyxa kennen lernte.

Als ich nämlich am 2. April c. bei einem gelegentlichen Spaziergange in dem Schmietkower Forstreviere die Nadeln junger Fichten gelbgeringelt gefunden und am 3. April die Ursache dieser eigenthümlichen Gelbfärbung mittelst des Mikroskops sicherer erkannt und auf ein anwesendes reichlich entwickeltes Mycelium zurückgeführt hatte, war mir es darum zu thun, zu ermitteln, welcher parasitischen Blattpilzform dasselbe angehören möge. Zu dem Behufe wurden die in feuchtem Papier frisch erhaltenen Zweige schon am 3. April c. unter zwei meiner Glasglocken gebracht, welche seiner Zeit von Ed. Morren (im La Belgique horticole 1866) und von Neubert (deutsches Magazin für Garten- und Blumenkunde 1866, pag. 49) abgebildet und beschrieben worden sind. In einem dieser hermetisch schliessenden Gläser befand sich Gartenerde, die mittelst reinen Brunnenwassers angefeuchtet war, in dem andern ebenso feucht gemachter Seesand. Die Gläser standen im Schatten einer nach Ost gerichteten Spiegelwand

auf einer Commode, so dass sie nur in den frühesten Morgenstunden ein wenig Sonnenlicht direct erhielten. Unter diesen gleichmässigen Einflüssen von Wärme, Feuchtigkeit und Licht entwickelte sich das Mycelium im Parenchym der erkrankten Nadeln Anfangs sehr lebhaft, indem die Gelbfärbung zunahm. Allein bereits in der 3ten Woche bedeckten sich die Nadeln mit einem spinnwebeartigen Ueberzuge, welcher offenbar einem Hyphomyceten-Mycelium seine Anwesenheit verdankte und durch sein Auftreten der Ansicht Raum gab, dass die Cultur des im Nadelparenchym verbreiteten Myceliums einen unerwünschten Ausgang nehmen würde. Mittelst einer Loupe aber konnte man doch schon von Aussen des Glases erkennen, dass die schimmelartigen Excrescenzen insbesondere von den Nadelstellen ihren Ausgang nahmen, die sich zuvor noch lebhaft gelb gefärbt gezeigt hatten. Die mikroskopische Untersuchung der blassröthlich gefärbten Häufchen ergab einen eigenthümlichen Hyphomyceten, wie er sich auf beifolgender Tafel XVII (Fig. 18—38) in verschiedenen Zuständen abgebildet findet. Mit voller Schärfe erkannte ich mittelst feiner Flächenschnitte unter dem Mikroskope, dass sich verzweigte Fäden aus den Spaltöffnungen (Fig. 18) entwickelt hatten, welche alsdann auf den Nadeln fortkriechend, sich in einer auffallenden Weise fortentwickelten, und zwar so, dass sie Seitenäste trieben, welche stets rechtwinklig auf die Hauptaxe der überaus feinen Hyphe gestellt waren. Diese Seitenäste, sowie die horizontal gelagerte Hauptaxe waren ab und zu durch Querwände in Zellen getheilt, deren Inhalt farblos und meistens auch so dünnflüssig war, dass er sich von der umgebenden Flüssigkeit auf dem Objectträger optisch nicht unterschied. Die rechtwinklig auf der Hauptaxe entwickelten Aeste zweiter Ordnung schwellen an ihrem obersten einfach abgerundeten Ende knopfförmig an, doch so, dass der angeschwollene Endtheil sich sehr bald seitlich neigt und einen stumpfen Winkel zum Fruchtträger (Fig. 22) bildet. Im Innern dieses seitlich gebogenen, Anfangs knopfförmigen, später eiförmigen Astendes erkennt man deutlich eine ungefärbte, fein grumose Masse als Zellinhalt, die sich in Form kleinster Kügelchen noch eben erkennbar macht. Hat die Anschwellung des Astendes eine gewisse Grösse und die Eigestalt erreicht, so treiben aus derselben neue Tochterzellen, welche aber selten einfach bleiben, sondern sich meistentheils und zwar in sehr kurzer Zeit, nach Art der Pucciniensporen in zwei

Zellen theilen, von denen die untere kleiner ist als die obere, wie es aus Fig. 31 erhellt. Derartige farblose, wahrscheinlich schwach rosa-roth gefärbte Doppelsporen erzeugen sich an dem angeschwollenen Knopfende eine ziemliche Anzahl und lösen sich bei geringster Berührung leicht von ihrer Insertionsstelle ab. Ein Versuch, diese Doppelsporen auf feuchtem Buchenholze zum Keimen zu bringen, gelang trotz mehrwöchentlicher Pflege nicht, wohl aber fand ich sie keimend am 20. August auf feucht erhaltenem Moose, welches sich seit dem Monate Juni zufällig in einer Glasglocke erhalten hatte, woselbst kranke Nadeln aufgestreut gewesen waren. Dass ein so zierlicher und charakteristischer Hyphomycet unzweifelhaft auch bereits andern Beobachtern vorgekommen sein möchte, war von Haus aus anzunehmen, allein ausser Rhopalomyces elegans, welchen Bonorden auf Tab. IX, Fig. 184 abbildet und pag. 113 seines Handbuches beschreibt, fand ich in der 7ten Familie der Basidiophoren, wohin unser Hyphomycet im Bonordenschen Systeme unstreitig hingehören würde, keine völlig zutreffende Form, mit welcher er zu identificiren gewesen wäre. Da mir nun das Corda'sche Hauptwerk nicht gleich zur Hand war, so suchte ich in Fresenius Beiträgen zur Mykologie, die mir schon so mannigfach erwünschte Auskunft gegeben hatten und fand auch sofort auf der wohlbekannten Tab. III in den Figuren 1—7 und in der dazu gehörigen Beschreibung pag. 18 den nöthigen Aufschluss.

Diesen seinen „auf feuchtem Buchenholze, auch auf einer faulen Frucht und auf der Erde im Pilzkasten" gefundenen Arthrobotrys oligospora beschreibt Fresenius (s. o.) aber folgender Art: „Einfache hyaline septirte Fäden aus kriechender Basis, bis 1/2 mm. lang, an der Spitze in so viele kurze stumpfe stielartige Fortsätze ausgehend, als Sporen darauf sitzen. Sporen birnförmig 1/28 mm. lang, mit einer Querwand etwas unterhalb ihrer Mitte, an der Basis mit kurzen warzenförmigen Stielchen, etwa gegen ein Dutzend an der Spitze des Fadens kopfförmig stehend (Fig. 8). Auch unterhalb der Spitze, an der letzten Articulation kommt an vielen Fäden noch ein Sporenhäufchen vor (Fig. 1, 4) und man beobachtet auch, jedoch viel seltner, deren längs des ganzen Fadens bis zu sechs (Fig. 5)." Weiter unten fügt Fresenius hinzu: „Die Fäden stehen einzeln und in nicht sehr dichten Rasen; sie haben meist nur einen Sporenknäuel an der Sitze, seltner kommt noch ein zweiter unterhalb des Endköpfchens, und noch seltner kommen

viele vor. Hierdurch unterscheidet sich diese Art von der Corda'schen A. superba (Prachtflora p. 43. Tab. 21), welche von unten an zahlreiche Sporenknäuel an jedem Faden trägt." „Auch sind die Sporen unserer Art nicht so stark eingeschnürt und sitzt die Scheidewand mehr im untern Drittheil der Spore als in der Mitte." „Bei Fig. 7 . . . sind noch zwei ansitzende Sporen zu sehen, wovon die eine rechts befindliche eine noch einfache kugelige junge Spore ist, während die Spore links als eine bereits entwickelte ihre Querwand zeigt und sich unmittelbar in einen, an der Spitze abermals sporentragenden Ast verlängert."

Soweit Fresenius.

Dass über die Sporenbildung unsere Ansichten sehr wesentlich auseinandergehen, liegt wohl daran, dass Fresenius keine Gelegenheit hatte die Spitze der septirten Fäden vor Erzeugung der Sporen zu untersuchen; wäre dies der Fall gewesen, so hätte er sich wohl genauer darüber ausgesprochen oder durch eine Abbildung den Sachverhalt dargelegt. Wenn von meinen auf Tab. XVII gegebenen Figuren auch nicht eine einzige den Fig. 1, 4—7 bei Fresenius gleicht, so liegt dies daran, dass alle meine Präparate nur ein einziges Sporenknäuel an der eiförmigen Fadenspitze nachwiesen. Auch Fresenius sagt, „nur selten kommt noch ein zweiter und viel seltener kommen viele" dergleichen Sporenknäuel an einem und demselben Faden vor. — Endlich muss es auch noch Anstoss finden, dass Fresenius seinen Doppelsporen ein „Stielchen" vindicirt, welches ich in der von Fresenius Fig. 8 dargestellten Weise nicht bemerken konnte.

Aber der angegebenen Differenzen ungeachtet, glaube ich dennoch, dass Fresenius und ich, einen und denselben Hyphomyceten meinen. Die rechtwinklige Stellung der fruchttragenden Hyphe auf dem primären Mycelial-Hauptfaden; die bei beiden ab und zu stattfindende Septirung; das Auftreten von seltner einfachen, meist aber durch eine Querwand getheilten farblosen Sporen; Alles das sind so wesentliche Momente, dass die geringfügigen Differenzen, wie sie zuvor angegeben wurden, zu wenig ins Gewicht fallen. Demzufolge habe ich denn auch keinen Anstand genommen, den aus dem Fichtennadeln-Mycelium direct erzogenen Schmarotzer mit dem Namen Arthrobotrys oligospora Fres. zu belegen, wenn derselbe bisher auch nicht auf einer derartigen

Grundlage, sondern nur „auf feuchtem Buchenholze, auf einer faulen Frucht oder auf der Erde im Pilzkasten" gefunden worden ist. —

Obschon die Anzucht des Arthrobotrys aus dem Mycelium der Fichtennadeln an und für sich kein Bedenken finden konnte, so war ich doch im hohen Grade betroffen, als ich am 25. Mai (s. o.) durch die Güte des Herrn Domainenpächter **Blauert** in **Schmietkow**, auf meine desfalsige Bitte, neue Fichtenzweige erhielt, welche mit den ausführlich beschriebenen Chrysomyxa-Fruchtlagern versehen waren. Der am 29. Mai, unter des Herrn Forstmeister **Wiese**'s Führung mir bekannt gewordene zweite Heerd der Krankheit bestätigte unzweifelhaft die an den Schmietkower Zweigen gemachte Beobachtung und vernichtete damit das durch mehrwöchentliche Cultur mühsam gewonnene Resultat. Um aber wenigstens die Quelle des Irrthums zu ermitteln, wurden abermals Schmietkower und Koitenhagener Fichtenzweige, welche lebhaft mit Chrysomyxa-Fruchtlagern versehen waren, einem erneuerten Culturversuche auf feuchtem Sande unter den erwähnten hermetisch-schliessenden Glasglocken unterworfen. So gering nun auch die Hoffnung war, einen innern Zusammenhang zwischen Chrysomyxa und Arthrobotrys zu ermitteln, so gross war meine Ueberraschung, als ich bereits am 4. Juni aus den Chrysomyxa-Fruchtlagern die sporentragenden Hyphen (Fruchtträger) des Arthrobotrys hervorsprossen sah.

Die sofort eingeleitete mikroskopische Untersuchung ergab mit grosser Schärfe, dass die polychotomisch verästelten Endzellen d. h. die Basidien der Chrysomyxa unter dem constanten Einflusse feuchter Wärme zu farblosen Hyphen ausgewachsen waren, die an den äussersten Spitzen knopfförmig sich erweiterten und in der endlich eiförmiggestalteten, ein wenig geneigten Endzelle die oben beschriebenen Sporae didymae zur Entwickelung brachten.

Dieses mikroskopisch sicher gestellten Resultates ungeachtet, war ich doch noch bedenklich, die beiden ursprünglich so ganz unabhängig von einander aufgefundenen Gattungen Chrysomyxa und Arthrobotrys in einen genetischen Zusammenhang zu bringen. Allein nachdem ich abgelöste Nadeln von Fichtenzweigen aus dem Koitenhagener Reviere, welche sich circa acht Tage in feuchtes Papier eingewickelt, im botanischen Garten befunden hatten und mit den Arthrobotrys tragenden Nadeln der unter den Glasglocken in meiner weit vom bot. Garten

entfernten Wohnung befindlichen Zweigen nicht im Mindesten in Berührung gekommen waren, nachdem ich ferner mit Chrysomyxa-Fruchtlagern bedeckte Fichtenzweige aus Schmietkow und Kieshof, gleichviel ob unter meinen Glasglocken oder ob in feuchtes neues Löschpapier eingewickelt, überall mit Arthrobotrys reich bedeckt fand und die Entwickelung des Arthrobotrys stets aus den offenen Fruchtlagern der Chrysomyxa hervorgehen gesehen hatte, da mussten endlich alle Zweifel an dem nothwendigen genetischen Zusammenhange beider bisheriger Genera schwinden! —

Freilich stehen diese meine Beobachtungen ganz isolirt da und sind nur erst, wenn auch vielfach von mir geprüft, während der Sommermonate Juni, Juli und August d. J. an neuvorpommerschen Chrysomyxa-Fruchtlagern angestellt worden. Jedenfalls bedürfen sie neuer Bestätigung und möchte ich diejenigen Mykologen, welchen Chrysomyxa Abietis Ung. zugänglich ist, hierdurch freundlichst eingeladen haben, in künftigen Jahren durch Versuche die Frage nach dem genetischen Zusammenhange zwischen Chrysomyxa und Arthrobotrys definitiv entscheiden zu helfen. Vorläufig konnte ich, den aus sorgfältig angestellten Beobachtungen gewonnenen Resultaten gegenüber, nicht umhin, den innern Zusammenhang jenes Coniomyceten mit diesem Hyphomyceten anzuerkennen und festzuhalten und wünsche nur, dass derselbe auch in späteren Versuchen seine Bestätigung finden möge. —

Würde dieser Zusammenhang, wie ich ihn vorläufig anzunehmen gezwungen bin, anderweit bestätigt, so müsste man in der unter geeigneten Umständen (hinreichende Feuchtigkeit und höhere Sommertemperatur) erfolgenden Metamorphose der Chrysomyxa in Arthrobotrys ein drittes Stadium des Fichtennadelrostes anerkennen, welches sich in freier Natur freilich nicht an den mit den Zweigen im Zusammenhange befindlichen, sondern an den von den Zweigen abgelösten und zu Boden gefallenen Nadeln entwickelt und sich insofern von grosser Bedeutung zeigt, als die aus den keimenden Doppelsporen des Arthrobotrys hervorgegangenen Mycelien wahrscheinlich durch Ausbildung einer dritten Sporenform erst die Entstehung der Chrysomyxa veranlassen dürften. Eine andere Möglichkeit ist vorläufig nicht anzunehmen, allein welcher Art die aus den Sporae didymae des Arthrobotrys oligospora Fres. hervorgehenden Mycelien, resp. Fruchtträger und Sporen sein werden, ist mir zur Zeit noch gänzlich unbekannt,

weil ich nur erst, wie aus Fig. 32, Taf. XVII hervorgeht, nach dreimonatlicher Cultur das Keimen der Arthrobotrys-Sporen wahrzunehmen Gelegenheit hatte.

Jedenfalls aber eröffnet sich (wie ich nachgewiesen zu haben wünsche) eine neue und interessante Perspective für den Generationswechsel unter den Pilzen durch die Metamorphose der den Coniomyceten angehörenden Uredineen-Form: Chrysomyxa Unger und der den Hyphomyceten angehörenden Form: Arthrobotrys Fres.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XVI.

Fig. 1—6. Diverse Fichtennadeln aus den Jahrestrieben 1866, an den gelblich aussehenden, hier hell gezeichneten Ringeln a von den Mycelien der Chrysomyxa durchzogen.

Fig. 7—9. Diverse Nadeln, deren Epidermis (a) seitlich zurückgeschlagen oder klappenartig abgelöst ist, um das über das Niveau der Epidermis hinausgewachsene Fruchtlager der Chrysomyxa zu zeigen, dessen Basidien und Sporen feurig orangefarben sind.

Fig. 10. Querschnitt einer Fichtennadel. (A A. radialer Durchmesser derselben.)
- a. Bastzellen des Gefässbündels.
- b. Holzzellen desselben.
- c. Septirte Mycelialfäden im Nadelparenchym, mit rothgelben Oeltröpfchen erfüllt.
- d. Epidermiszellen.
- e. Die an das Parenchym grenzenden tangential gestreckten Holzzellen des Gefässbündels.
- f. Bastzellen unter der Epidermis.
- g. Fadengeflecht am Grunde des Chrysomyxa-Fruchtlagers mit grossen Oeltropfen.
- h. Polychotomisch entwickelte Basidien.
- i. Sporen auf Sterigmata.
- m. Nadelparenchym.

Fig. 11—14. Parenchymzellen der Fichtennadeln, durchzogen von den vielfach gewundenen und anastomosirenden Fäden des Chrysomyxa-Myceliums, in dessen Zellen Oeltropfen von rothgelber Farbe angedeutet sind.

Tafel XVII.

Fig. 1. Eine sorgfältig isolirte vieltheilige Basidie vor der Ausbildung der Sterigmata und Sporen vom 25. Mai 1866.

Fig. 2—11. Verschieden gestaltete, mehrfach verzweigte Basidien mit entleerten oder noch angefüllten Sterigmata und Sporen, welche letztere in Fig. 10 u. 11 bereits zwischen die Basidien-Astspitzen eingestreut sind. 12. Juni 1866.

Fig. 12. Keimende Chrysomyxa-Sporen.

Fig. 13 - 17. Verschieden gestaltete Basidien, deren Inhalt durch Sporenbildung bis auf einige grössere rothgelbe Oeltropfen erschöpft ist. 21. Juni 1866.

Fig. 18. Eine Spaltöffnung der Fichtennadel mit einer sich verästelnden Arthrobotrys-Hyphe.

Fig. 19 — 24. Hyphenäste mit endständiger Anschwellung.

Fig. 25—27. Hyphen, von deren endständiger Anschwellung einfache und Doppelsporen sich entwickelt haben.

Fig. 28—30. Hyphen, an deren Endanschwellung didymische Sporenhäufchen sitzen.

Fig. 31. Eine einzellige und eine zweizellige (didymische) Spore. Alle Figuren von 18—31 am 21. Mai gezeichnet.

Fig. 32. Keimende Doppelsporen, am 20. August gezeichnet.

Ueber die Spaltöffnungen bei Amaryllideen und Liliaceen.

II.

Von

Paul Sorauer,

Assistent am physiologischen Laboratorium.

Im Laufe der früheren Arbeit, sowie während der Beobachtungen der hier gelieferten Fortsetzung ergab sich, dass eine ganz merkliche Unregelmässigkeit in Betreff der Gestalt und der Grösse der Spaltöffnungen herrscht; dieselbe zeigt sich nicht nur an correspondirenden Stellen bei Pflanzen derselben Gattung und Art, sondern findet sich auf demselben Organe, ja oft auf demselben Präparate. Man findet oft runde und lange, grosse und kleine Spaltöffnungen dicht neben einander. Weiss hat in seiner schönen Arbeit ausführlicher darauf hingewiesen und zahlreiche Beispiele dafür beigebracht (s. Jahrb. f. wissensch. Bot. Band IV, Heft 2). Es sind deshalb diese Punkte hier fast gar nicht mehr berücksichtigt worden und die nächstfolgenden Untersuchungen geben nur einen Beitrag hinsichtlich der Vertheilung der Spaltöffnungen, sowie einstweilen einige Notizen über deren Function.

Fast alle die bisherigen Untersuchungen und Zählungen fanden an Laubblättern statt und mit Ausnahme derjenigen von Weiss sind mir keine Angaben bekannt geworden bezüglich der Frage, von welchem Theile des Blattes der Untersuchende die Objecte entnommen hatte.

Die Anzahl der Spaltöffnungen der einen Blattseite wurde mit der der andern verglichen und das gewonnene Resultat mit dem von Pflanzen derselben Art, Gattung oder Familie oder solchen, welche gleiche Lebensbedingungen (Feuchtigkeit) beanspruchen, zusammengestellt.

Dieses Verfahren setzte stillschweigend voraus, dass auf demselben Organe (Laubblatt oder Blumenblatt) die Spaltöffnungen gleichmässig vertheilt seien.

In der Arbeit über die Spalt.*) bei den Liliaceen (Bot. Untersuchungen 1865, Heft I.) wurde bereits darauf hingewiesen, welch' ein bedeutender Unterschied in der Vertheilung dieser Organe zwischen der Basis und der Spitze eines Blattes (wenigstens bei den Liliaceen) stattfindet; die hier folgenden Untersuchungen bestätigen dieses für die Amaryllideen und viele andere Monocotylen (wie später gezeigt werden wird) und machen gleichzeitig auch noch auf eine andere Ungleichheit in der Vertheilung der Spaltöffnungen auf derselben Fläche aufmerksam.

Die Beobachtungen zerfallen in zwei Theile, je nachdem sie die Laubblätter oder Blüthenorgane betreffen.

I. Vertheilung der Spaltöffnungen auf Laubblättern.

Hier sind zu unterscheiden: Pflanzen, welche

a) auf der Oberseite weniger Spaltöffnungen als auf der Unterseite, oder

b) auf beiden Blattflächen gleich viel derselben besitzen.

Bei denjenigen Pflanzen, deren Oberseite weniger Spaltöffnungen besitzt als die Unterseite, sind wiederum 2 Gruppen zu unterscheiden, von denen bei der ersten die Spaltöffnungen gleichmässig über die ganze Fläche vertheilt sind; dagegen die zweiten nur an bestimmten Stellen diese Organe besitzen. Zur ersten Gruppe gehören:

Amaryllis reticulata: Die fleischige Mittelrippe der Unterseite zeigt einige Spaltöffnungen; nach der Spitze hin nimmt deren Anzahl zu; durch die schwächeren, kaum hervorstehenden secundären Nerven, welche über sich weniger Spalt. haben, wird das ganze Blatt in eine mit Spalt. reich besetzte und weniger reich besetzte Längsregion getheilt. Die nach aussen zu liegende Wandung der Epidermiszellen der Oberseite ist stärker verdickt als die der Unterseite.

Bei Amaryllis Josephinae, die sich ähnlich verhält, hatte Thomson keine gefunden.

Doryanthes excelsa Correa. Die 4 Epidermiszellen, welche mit

*) Die Abkürzung des langen Wortes „Spaltöffnung" durch „Spalt." werde ich mir im Folgenden zuweilen erlauben.

ihren Rändern ziemlich stark über die halbmondförmigen hinüberwachsen, bilden einen bedeutenden Krater.

Leucojum vernum L.: Form gewöhnlich. Hier wurde die Zwiebel mit untersucht: Die äusserste Schuppe zeigte an der Basis der Aussenseite grosse, sehr weit geöffnete Spalt. mit wenigen Stärkekörnern; die Innenseite zeigte keine, weder an der Spitze, noch an der Basis, obgleich an letzterer ebenfalls polyedrisches Gewebe wie auf der Aussenseite war. Nach der zweiten nach innen zu gelegenen Schuppe, welche sich wie die erste verhielt, folgte eine junge Zwiebel mit einem einzigen grünen Blatte; dasselbe hat in dem polyedrischen Gewebe seiner Basis keine Spalt., erst weiter hinauf beginnen dieselben. Während die beiden äusseren Schuppen von der Zwiebel etwas abgesprengt waren, sind die nun folgenden inneren Schuppen noch fest die Zwiebel umschliessend; sie zeigen sämmtlich auf ihrer Aussenseite an der Basis Spalt. Weiter nach innen, dem Centrum der Zwiebel zu, zeigen sich schuppenförmige Blätter, deren Spitzen, als kleine weisse Scheiden ausgebildet, etwa einen halben Zoll über den Hals der Zwiebel hervorgetreten sind. Auch bei diesen zeigt nur die Basis, die Spitze dagegen noch keine Spalt., sie besitzen also noch vollständig die Natur der Schuppen; Spalt. waren erst an der, den diesjährigen Blättern unmittelbar vorhergehenden, weissen Scheide, welche die halbe Länge der ganzen Pflanze erreicht hatte, zu entdecken; diese Scheide verhält sich ganz wie die grünen Blätter, da ihre Basis keine Spalt., sondern an Zahl zunehmend, erst nach der Spitze zu solche zeigt. Bemerkenswerth ist die Erscheinung hierbei gewesen, dass die Spalt. an der Basis der Schuppen, sowie die jüngsten ausgebildeten der normalen Blätter runder und weiter geöffnet waren, wie die an den älteren Theilen des grünen Blattes. Leucojum hiemale Roem. dagegen hat auf der Ober- und Unterseite ziemlich gleich viel Spalt. Ein eben solcher Unterschied zwischen 2 Arten derselben Gattung ist bei Crinum beobachtet worden, wo Crinum spec. I. (h. bot. Berol.) auf der Oberseite weniger Spalt. zeigte als auf der Unterseite, dagegen Crinum americanum und asiaticum fast ganz die gleiche Durchschnittszahl auf beiden Blattflächen lieferten. Die von Cr. spec. I. untersuchte Zwiebel zeigte hinsichtlich der Vertheilung der Spalt. dieselben Erscheinungen, wie die von Leucojum vernum.

Alstroemeria brasiliensis var. psittacina Lehm., deren Blätter be-

kanntlich so angeheftet sind, dass ihre Unterseite, welche die hervorspringenden Nerven trägt, eigentlich nach oben stehen sollte und erst durch die Drehung des Blattstiels in ihre normale Lage kommt, zeigt auf ihrer Unterseite zahlreiche Spaltöffnungen, die mit ihren Achsen nach verschiedenen Richtungen hin liegen. Die Epidermiszellen über den Blattnerven sind langgestreckt, geradwandig, d. h. nicht gewunden und oft spindelförmig zugespitzt. Die wellenförmige Biegung der Zellwände nimmt von der Basis nach der Spitze hin und von den Hauptrippen nach dem Rande hin zu.

Alstroemeria Ehrenboldtii zeigt dieselbe Erscheinung. Der Querschnitt durch eine Blattknospe zeigt, dass das jüngste innerste Blatt zuerst eine nach der Achse zugewendete Mittelrippe besitzt; das nächstäussere besitzt ausser dieser zwei seitliche, das nach aussen folgende wiederum zwei seitliche mehr, sämmtlich auf der der Achse zugekehrten Seite, wo sich auch die grössere Anzahl von Spalt. befindet. Die Epidermiszellen der nach aussen gewendeten Seiten sind grösser in ihrem Querdurchmesser und wachsen über die nur vereinzelt auftretenden Spalt. hinaus, indem sie auf diese Weise einen Krater bilden, was auf der anderen Seite weniger der Fall ist. Weit geöffnete Spaltöffnungen hatten sich nach 15 Minuten in Alkohol geschlossen.

Pancratium amboinense L.: Blattstiel zeigt auf der Ober- und Unterseite sparsame Spalt. Blattfläche hat auf der Oberseite nur sehr wenig, auf der Unterseite dagegen recht zahlreiche Spalt. Die den Rippen zunächst liegenden Spalt. sind denselben mit ihren Achsen parallel; je weiter sie sich aber von den Hauptrippen entfernen, desto mehr weicht ihre Achsenrichtung von der jener Rippen ab.

Lycoris radiata Herb. und Hymenocallis repanda bieten nichts Besonderes.

Von besonderem Interesse ist die zweite Gruppe; es gehören hierher:

Griffinia hyacinthina Herb., deren Unterseite ziemlich zahlreiche, über die ganze Blattfläche vertheilte Spalt. besitzt, wogegen die Oberseite fast vollständig ohne dieselben ist, bis auf die Mittelrippe, welche einen reichlich mit Spalt. versehenen Streifen bildet.

Galanthus plicatus Bieb. zeigt dasselbe Verhalten. Die Oberseite hat nur in der bereiften mittleren Gegend Spalt.; die Unterseite besitzt deren überall mit Ausnahme derjenigen Stelle, wo die Gefässbündel unmittelbar unter der Epidermis liegen.

Rhodea japonica, die bisher für spaltöffnungslos auf der Oberseite galt (s. Weiss l. c.), zeigt zwischen den verdickten, mit Porencanälen versehenen Epidermiszellen vereinzelte Spalt.; am meisten treten sie über der Mittelrippe auf. Die Spitze hat hier nicht mehr wie die Basis des Blattes.

Haemanthus multiflorus Martyn: Unterseite besitzt zahlreiche Spalt., von denen in der Nähe der Mittelrippe so viel wie am Rande vorhanden sind. Ueber der Mittelrippe sind die Epidermiszellen länger und sehr wenig gewunden. Die Richtung der Spalt. ist eine der Längsachse des Blattes parallele. Ebenso verhalten sich Hippeastrum robustum, Hipp. calyptratum Herb. und Haemanthus albiflorus, deren Behaarung nach der Spitze hin, während die Spalt., wie auch bei den drei anderen nach dem Grunde hin zunehmen.

Pancratium speciosum: Oberseite fast spaltöffnungslos bis auf die Gegend über und in der Nähe der Mittelrippe. Der Blattstiel zeigt ebenfalls Spalt., aber weniger als die Basis der Mittelrippe. Zahl derselben von der Basis nach der Spitze zu abnehmend. Unterseite hat direct an der Basis der fleischigen Mittelrippe auch vereinzelte, recht lang gestreckte.

Caliphruria Hartwegiana verhält sich wie die vorige, jedoch sind an der Basis und Spitze der Mittelrippe gleich viel Spalt. Epidermiszellen der Unterseite sind kürzer, rundlicher, gewundener als die der Oberseite.

Eucharis amazonica Planch.: Oberseite hat ebenfalls nur in der Region der Mittelrippe ziemlich zahlreiche Spalt. 11 Präparate der übrigen Blattfläche lieferten eine einzige Spalt., Unterseite sehr zahlreich; über der Mittelrippe, sowie über den stärkeren Seitenrippen keine mit Ausnahme der Basis des Blattstieles, wo sich dieselben mehrfach einfinden.

Eucharis candida, wiederum am häufigsten in der mittleren Blattrinne der Oberseite; doch zeigt der übrige Theil der Blattfläche mehr derselben, wie bei E. amazonica. Epidermiszellen der Oberseite weniger gewunden als die der Unterseite.

Veltheimia viridifolia Jaqu var. curvifolia: Oberseite zeigt zwar vereinzelte Spalt.; häufig sind dieselben jedoch nur auf der fleischigen Mittelrippe. Ein Unterschied in der Vertheilung zwischen Spitze und Basis war nicht bemerkbar.

Chlorophytum Sternbergianum, das in der vorigen Arbeit von mir als spaltöffnungslos angegeben worden ist, besitzt deren auf der Oberseite von der Basis nach der Spitze hin abnehmend.

Funkia Sieboldtii Hook.: Die Oberseite hat auf der ganzen Blattfläche zwar vereinzelte Spalt. und der Rand ist etwas reicher daran; über der concaven, fleischigen Mittelrippe aber sind doppelt so viel als am Rande. Ueberhaupt sind in der Nähe der Rippen immer mehr Spalt., als in dem zwischen denselben liegenden Parenchym. Die obere Seite des Blattstiels besitzt deren ungefähr so viel als der Rand der Blattoberseite. Die Unterseite zeigt zwischen den quergestreckten Epidermiszellen mindestens doppelt so viel als die reichste Stelle der Blattoberseite.

Aus obigen Beispielen ergiebt sich, dass bei vielen Monocotyledonenblättern (zunächst Amaryllideen und Liliaceen), deren Gestalt schon von der linearen abweicht und sich der Eiform nähert, eine Vertheilung der Spaltöffnungen auf der Oberseite derart stattfindet, dass diese Organe nur direct über oder dicht neben der meist fleischigen Mittelrippe in grösserer Anzahl erscheinen, wogegen der übrige Theil der Blattfläche entweder keine oder doch nur sehr vereinzelte besitzt.*)

Eine ähnliche Vertheilung wird sich auch an Perigonblättern zeigen.

b. Es folgen jetzt diejenigen Pflanzen, bei denen die Anzahl der Spaltöffnungen nahezu gleich gross auf beiden Seiten ist:

Agapanthus umbellatus l'Hérit.: Der untere Theil des Blüthenschaftes zeigt Spalt., bei denen die halbmondförmigen die Mutterzelle nicht ganz ausfüllen.

Crinum americanum: Die halbmondförmigen sind sehr klein im Verhältniss zu den umgebenden Epidermiszellen. Die Spitze des Blattes ging in Zersetzung über, ein Stückchen Oberhaut an dieser

*) Nach Abschluss meiner Arbeit erhalte ich eine längere Untersuchung von Kareltschikoff, durch welche Verf. zur Feststellung derselben Eigenthümlichkeit in der Vertheilung der Spalt. bei den Dycotyledonen kommt, wie ich sie hier bei einigen Monocotyledonen gefunden habe. Verf. sagt (Bulletin de la société Imp. de Naturalistes de Moscou 1866, No. I, pag. 262): „Zuweilen liegen die Spalt. nur in der Nachbarschaft des Hauptgefässbündel und fehlen total auf der übrigen Oberfläche des Blattes."

Stelle zeigte sehr weit geöffnete Spalt., die in Glycerin sich nach 2½ Stunden fast ganz geschlossen zeigten; ein anderes Präparat, das über Nacht in Wasser gelegen, zeigte am nächsten Morgen geschlossene Spaltöffnungen.

Crinum asiaticum Lour. verhielt sich wie die vorigen. Die fast überall in geringem Maasse vorkommenden, die Vorhofsspalte von Mohl's bildenden nasenartigen Vorsprünge sind hier sehr schön entwickelt.

Crinum spec. (h. bot. Berol.) zeigt auf der Oberseite eine etwas geringere Anzahl Spalt. als die Unterseite. Die Zwiebel verhielt sich betreffs der Vertheilung der Spalt. auf den Schuppen wie die von Leucojum.

Leucojum hiemale Dc.: Hier zeigte sich bei den untersuchten Exemplaren häufig die Erscheinung, dass zwei nebeneinanderliegende Spalt. (nicht übereinander, wie früher bei Erythronium dens canis gezeigt wurde) mit einander seitlich verwachsen. Die Zwiebel verhält sich wie die von Leucojum vernum. Nach der Blüthe untersucht, zeigten zwei diesjährige Blätter, welche an ihrer Spitze bereits stark abzuwelken anfingen, an ihrer verdickten Basis schon ausgebildete Spalt., während eine früher untersuchte Zwiebel an den correspondirenden Stellen noch nicht dergleichen Organe zeigte. Bei Hyacinthus orientalis treten die Spalt. an der Basis der diesjährigen Blätter oft erst zu Anfang der nächsten Vegetationsperiode hervor. Da, wie die Entwickelungsgeschichte lehrt, sich schon im allerjüngsten Gewebe die Anlage zu Spalt. finden muss, wenn solche überhaupt entstehen sollen, so muss man aus dem späteren Auftreten derselben nach der Blüthe schliessen, dass nach dieser Zeit noch die Schuppen an ihrer Basis etwas nachwachsen und in dem sich so nachbildenden Cambium die Spalt. erzeugen, während sich am Ende ihrer ersten Wachsthumsperiode keine Spalt. mehr bilden. Dies würde auch die bei allen untersuchten Amaryllideen- und Liliaceenzwiebeln gefundene Thatsache erklären, dass ein Theil der Zwiebelschuppe ohne Spalt. ist. Die nach der Spitze der Schuppe zu sich zeigenden Spalt. wären die letzten des ersten Triebes, die an der Basis befindlichen in dem polyedrischen Gewebe sind diejenigen des erst nach der Blüthe neu entstandenen Theiles der Zwiebelschuppe. Ein ähnliches Verhältniss, das vielleicht aus derselben Ursache stammt, zeigen die Epidermiszellen der Zwiebelschuppen an Narzissus Tazetta (siehe unten).

Ein solcher durch vermehrte Untersuchung geführter Nachweis von dem Wachsthum des Zwiebelkörpers nach der Blüthe dürfte vielleicht für die Cultur (besonders der Blumenzwiebeln) verwerthbar werden.

Narzissus Tazetta Gawl.: Zwiebel zeigt auf der äussersten braunen Schuppe sparsame Spalt.; auf der Innenseite keine; ebenso verhalten sich die beiden nächst-inneren Schuppen, an deren Basis die Spalt. auffallende Grössenunterschiede zeigen. Knospe von der Länge der halben Zwiebel zeigt an der Basis noch keine Spalt., sondern erst gegen die Mitte des jungen Blattes hin. Die diesjährigen Blätter zeigen an ihrer Basis zwar cambiales Gewebe, aber keine Spalt. An der Stelle, wo das Blatt aus dem Zwiebelkörper heraustritt (Zwiebelhals), ist das Epidermisgewebe wiederum unregelmässig polyedrisch, während es tiefer an der Schuppe hinab schon regelmässig lang gestreckt war (s. Leucojum hiem.). Dieselbe Erscheinung zeigen auch die grünen Blätter einer Tochterzwiebel; es verkürzen sich in der Gegend des Zwiebelhalses auch hier die Epidermiszellen und lassen zwischen sich kleine quadratische Formen erkennen, die höchst wahrscheinlich unausgebildet gebliebene, zu Spaltöffnungen bestimmt gewesene Zellen sind. Innenseite der Schuppen hat keine Spaltöffnungen.

Narzissus Jonquilla L.: Das untersuchte Exemplar war im Herbst 10 Zoll tief in die Erde gelegt worden. Im März aus der Erde genommen, zeigte die Pflanze eine Länge von 9 Zoll und eine vollständig gelbe, an der Basis fast weisse Färbung. Die Blätter bieten nichts Bemerkenswerthes; ihre Spalt. sind bei der gleich nach der Herausnahme aus der Erde erfolgten Untersuchung weit geöffnet; doch enthalten diese Organe an der Basis des Blattes merklich weniger Stärke, als die an der Spitze. Das die diesjährigen Blätter umfassende, etwa 4 Zoll lange, scheidenförmig gebliebene weisse Blatt enthält an der Basis schon ausgebildete Spalt., in denen jedoch keine Stärke nachweisbar war; weiter nach oben hin folgt auf eine Region ohne Spalt. die dem normal ausgebildeten Blatte entsprechende Vertheilung, wobei sich auch auf der der Achse zugewendeten Blattfläche Spalt. einfinden, was bei dem in Innern der Zwiebel verbleibenden Theil nicht der Fall ist.

Queltia odora Herb. hat als Monocotyledone sehr zahlreiche Spalt.

Calliproa lutea Lindl.: Spalt. nur halb so gross als die übrigen Epidermiszellen.

Für die mit sehr dicker Epidermis versehenen Amaryllideen gilt dasselbe, was pag. 1 über die ähnlich gebauten Liliaceen gesagt worden ist. So verhalten sich Fourcroya tuberosa Ait, Fourcroya recurvata hort. Berol., Fourcroya gigantea Vent., Agave filifera S. Dyck etc. Von oben gesehen, erscheint von der abgeschnittenen Epidermis nur die Vorhofspalte; dieselbe erscheint je nach der Anzahl und Lage der Epidermiszellen, welche an ihrer Bildung theilnehmen, bei verschiedenen Arten verschieden: quadratisch, rhombisch, ellipsoidisch oder kreuzförmig.

In die Abtheilung b. gehörig sind noch zu nennen: Belladonna spec. Herb., Clivia nobilis Lindl., Clivia miniata, Clivia Gardneri Hort., Phycella stricta und Ph. str. punctata, Eustrephia ignea Dietr., Oporanthus Fischerianus Herb., Amaryllis gracilifolia Schultz., Imatophyllum Gardneri Herb., Habranthus chilensis Herb., Vallota purpurea Herb., Strumaria geminata Gawl., Cyrtanthus carneus Lindl., Carpolyza spiralis Salisb., Hymenocallis littoralis Salisb., Cooperia chlorosolen Herb., Galanthus nivalis, Calostemma luteum, Brunswigia multiflora Herb., Ajax moschatus Herb., Ganymedes pulchellus Herb., Eucomis undulata und Phaedranassa fuchsioides, welche letztere sehr deutlich den Vorgang des Schliessens weit geöffneter Spaltöffnungen zeigt.

Als Resultat der hier im Einzelnen aufgeführten Untersuchungen dürfte Folgendes gelten:

1. Der überwiegend grösste Theil der Amaryllideen hat auf beiden Seiten gleichviel Spaltöffnungen.

2. Ausser den bei den Liliaceen gemachten, hier bestätigten Beobachtungen, dass die Basis des monocotylen Blattes fast immer weniger Spalt. als die Spitze hat, ist hier bei einer Anzahl von Pflanzen, welche sich durch ein namhaftes Breitenwachsthum ihrer Blätter und fleischige Mittelrippe auszeichnen, beobachtet worden:

a. dass sich auf der Oberseite über jenen Mittelrippen oder in deren directer Nähe ziemlich zahlreiche Spalt. finden, wenn der übrige Theil der Blattoberfläche keine oder nur sehr wenige besitzt.

b. Die Gestalt und Richtung der Spalt. steht in directer Beziehung mit der Ausbildung der übrigen Epidermiszellen und diese mit ihrer Lage zu den als Hauptblattrippen auftretenden Gefässbündel-

strängen (was früher von einem der fleissigsten Beobachter der Spalt. in Abrede gestellt worden war). Es sind nämlich da, wo die Gefässbündelstränge ziemlich dicht unter die Epidermis treten, die Epidermiszellen lang gestreckt und parallel den Rippen. Diese Gestalt geht um so mehr in eine kürzere, breitere, unregelmässigere, mit immer gewundeneren Wandungen versehene Form über, je weiter das Gewebe von solchem Hauptbündel entfernt im eigentlichen Zellgewebe des Blattes liegt. An dem ersten Orte nur sind die Spalt. (mit wenig Ausnahmen) lang gestreckt, am anderen rundlicher, am ersteren parallel den Rippen, am letzteren (an netz- oder handförmig geaderten Blättern) mit ihren Achsen nach verschiedenen Richtungen hin liegend.

3. Die Untersuchungen über die Vertheilung der Spalt. auf den Amaryllis-Zwiebeln bestätigen die für die Liliaceen ausgesprochenen Sätze und führen ausserdem zu dem Schlusse, dass die Zwiebelschuppen in zwei Vegetationsperioden wachsen, so dass sich in dem später an der Basis der Schuppe neu bildenden cambialen Gewebe neue Spaltöffnungen bilden.

II. Vertheilung der Spaltöffnungen an Blüthenorganen.

Von den Arbeiten, die sich speciell mit der Vertheilung der Spaltöffnungen auf den Blüthenorganen beschäftigen, ist mir nur die von Hildebrand bekannt geworden (vgl. Einige Beobachtungen aus dem Gebiete der Pflanzen-Anatomie, Bonn 1861, pag. 1—7). Das Resultat dieser Arbeit, welche sich nur mit den Blüthendecken beschäftigt, giebt der Verf. in Folgendem: „Diejenigen Theile der Blumenblätter, welche in der Knospenlage längere Zeit freiliegen, sind, mit einigen Ausnahmen, an diesen freien Stellen mit Spaltöffnungen versehen — wohingegen die Theile der Blumenblätter sowohl an der äussern, wie innern Seite (aber wiederum mit mehreren Ausnahmen), welche in der Knospenlage bedeckt sind, der Spaltöffnungen entbehren."

Dieser Satz soll am Schlusse des Capitels wiederum in Betracht gezogen werden; hier einstweilen meine an Amaryllideen und Liliaceen angestellten Beobachtungen:

Imatophyllum Gardeni: Blüthenschaft besitzt nicht sehr zahlreiche Spaltöffnungen, Spitze der Involucralblätter mehr Spalt. als die Basis; Innenseite bedeutend weniger als die Aussenseite. Die Blumenstiele haben hier sogar mehr als die Blätter. Am Fruchtknoten in der eben aufblühenden Blume waren noch keine zu entdecken. Aeusserer Blumenblattkreis zeigt auf der Aussenseite an der Basis sehr wenig, an der Spitze zahlreichere, auf der Innenseite dagegen gar keine Spaltöffnungen. Innerer Blumenblattkreis hat nur auf der Aussenseite nach der Spitze zu ziemlich vereinzelte Spalt., Staubfäden ohne, Staubbeutel mit Spaltöffnungen. Griffel ohne Spalt.

Narzissus Jonquilla (das bei der Vertheilung der Spalt. auf den Blättern erwähnte 9 Zoll lange, aber noch ganz in der Erde verbliebene Exemplar): Basis des Blüthenschaftes (bei seinem Austritt aus dem Zwiebelkörper) zahlreiche fast quergeöffnete Spalt., welche noch keine Stärke enthalten. Jod verengert den Spalt auf die Hälfte seiner Grösse. Blüthenscheide zeigt die Spalt. und Epidermiszellen kleiner als am Stengel; an der Basis derselben liegen die Achsen der Spalt. nach verschiedenen Richtungen. Hier erkennt man zuerst mit Deutlichkeit feinkörnige Stärke, welche an der Wandung der halbmondförmigen entlang gelagert ist. Die Innenseite der noch vollständig geschlossenen Scheide zeigt zwar wenige, aber deutlich ausgebildete Spalt. mit grossen Stärkekörnern. Basis des von der Scheide noch eingeschlossenen Theils des Blüthenstiels zeigt kleinzelliges, fast noch cambiales Gewebe mit schon ausgebildeten Spalt., von denen einige verkümmert scheinen. Der Inhalt des Gewebes färbte sich durchgängig gelb durch Jod, mit Ausnahme einiger sehr kleiner, fein vertheilter dunkler Körperchen, welche vielleicht Stärke gewesen. Die ganze Blume liegt noch innerhalb der Scheide; dennoch zeigt das äusserste Blumenblatt sehr zahlreiche, schon ausgebildete Spaltöffnungen. Basis der Blumenblätter fast cambial mit grossen Zellkernen hat doch schon entwickelte Spaltöffnungen. Stärke angedeutet wie an der Basis des Stengels. Die Mittelrippe der Blumenblätter zeigt bedeutend mehr Spaltöffnungen als der dünnere Seitentheil. Die Innenseite zeigt dasselbe Verhalten. Der zur Kronenröhre verwachsene Theil hat auf seiner äussern Seite gleichmässig vertheilte Spaltöffnungen. Die nächstinneren (die Blume ist gefüllt) Kronenblätter haben auf der Aussen- und Innenseite Spaltöffnungen, jedoch finden sich dieselben fast

ausschliesslich nur auf der Mittelrippe; ebenso verhalten sich die noch weiter nach innen gelegenen, aus der Umwandlung der Staubgefässe hervorgegangenen Blätter.

Narzissus Tazetta var. (Marseiller Tazette): Blüthenschaft an der Basis nur um $^1/_6$ weniger als dicht unter der Blüthenscheide; die Spalt. an der Basis des Blüthenschaftes länger als oben; Basis der Scheide hat an der Aussenseite halb so viel als die Stengelbasis und an der Innenseite nur den vierten Theil so viel; der Pedicellus hat an seiner Basis so viel als die Innenseite der Scheide. Hier so gut wie am allgemeinen Blüthenstiel bemerkt man direct über den Gefässbündeln keine Spalt. Die Epidermiszellen weichen auf dem Stengel selbst in den verschiedenen Höhen bedeutend von einander ab und dies erstreckt sich, wenn auch weniger auffallend, auch auf die Spalt. An der Basis sind die Epidermiszellen 16 bis 20 mal so lang als breit, an der Spitze 8 bis 12 mal. Je mehr man sich der Scheide nähert, desto kürzer und breiter werden die Epidermiszellen und die Spaltöffnungen, bis die Zellen der Oberhaut nur 2 bis 4 mal so lang als breit sind. Die Basis der speciellen Blüthenstielchen zeigt ebenso, wie die Basis des Hauptstieles cambiales Gewebe. Auch die Basis der Blumenblätter ist cambial und hat an der Aussenseite Spaltöffnungen. Ihr Rand hat bedeutend weniger als die Mitte.

Während die Aussenseite ziemlich zahlreiche Spalt. aufweist, zeigt die Innenseite deren nur vereinzelte. Aber die in der Knospe von dem äusseren Kreise bedeckten 3 Blumenblätter des inneren Kreises verhalten sich ganz so, wie erstere, nur treten die Spaltöffnungen im Ganzen etwas sparsamer auf. Hier, wie bei den meisten übrigen untersuchten Pflanzen, wachsen die Epidermiszellen an der Spitze zu mehr oder minder langen Haaren aus, die meist mit Farbstoff erfüllt sind. Die Paracorolla liess keine Spaltöffnungen entdecken. Weder Staubfäden noch Griffel lassen Spaltöffnungen erkennen.

Queltia odora: Allgemeiner Blüthenstiel an der Basis die Hälfte so viel wie an der Spitze; der specielle Blüthenstiel hat an den correspondirenden Stellen nur $^1/_3$ dieser Anzahl. Die Scheide hat ebenfalls an der Aussen- und Innenseite Spaltöffnungen. Der Fruchtknoten mit quergestrecktem Epidermis-Gewebe zeigt an seiner Basis so viel wie die Basis des allgemeinen Blüthenstieles. Auffallend war an diesem Fruchtknoten die grosse Verschiedenheit in dem Geöffnetsein der Spalt-

öffnungen, von denen einige fast ganz geschlossene neben ziemlich weit geöffneten lagen.

Galanthus nivalis: Der weisse durchsichtige Theil der Blüthenscheide zeigt keine Spaltöffnungen, wohl aber der grüne parenchymatische Rand, ebenso wie die verwachsene Basis der Scheide. Allgemeiner Blüthenstiel, sowie der von der Scheide eingeschlossene besondere Blumenstiel haben Spaltöffnungen. Fruchtknoten hat dieselben verhältnissmässig zahlreich.

Alstroemeria chilensis: An den einzelnen Blüthenstielen waren die Mutterzellen der Spaltöffnungen meist citronenförmig verlängert und wurden nicht ganz von den halbmondförmigen ausgefüllt, was auch ein Beweis ist, dass nicht durch Einschnürung eine Scheidewand in der Mutterzelle entsteht, denn sonst müsste man dieselbe in solchen nasenartigen Verlängerungen sehen. Perigonblätter zeigen auf der Ober- und Unterseite nur in der Nähe uud auf der fleischigen Mittelrippe im oberen Drittel des Blattes einigermaassen zahlreiche Spalt.; an den Seiten nur sehr selten. Der sechsrippige Fruchtknoten hat auf den Rippen, aber nicht direct über den Gefässbündeln, nur halb so viel Spaltöffnungen als in dem Parenchym zwischen denselben. Epidermiszellen des Fruchtknotens warzig ausgewachsen mit Ausnahme der über den Rippen. Spaltöffnungen liegen vertieft zwischen denselben.

Aussenseite der Blumenblätter zeigt Spaltöffnungen. Innenseite liess keine bemerken; die Epidermiszellen über den Rippen sind hier stark kegelförmig ausgewachsen und mit den übrigen wellig gestreift. Die langen und schmalen Epidermiszellen des Staubfadens zeigen zwischen sich keine Spalt., sowenig wie der Griffel, wohl aber die Staubbeutel, wenn auch nicht in bedeutender Anzahl.

Ismene calathina Herb.: Perigon auf der Ober- und Unterseite gegen die Spitze hin zunehmend mit zahlreichen Spalt. versehen. Dicht an der Spitze, wo die Epidermiszellen stark haarförmig auswachsen, sind keine Spalt. Perigonröhre hat nur auf der Aussenseite Spaltöffnungen. Paracorolla ohne Spalt. sowohl an der Basis als an der Spitze; Stylus zeigt einige, nicht überall gleichmässig auftretende Spalt. Fruchtknoten ziemlich reich, wobei die Epidermiszellen, welche hier auch etwas papillös sind, mit ihren Rändern über

die Spalt. hinüberwachsen und dadurch die halbmondförmigen theilweis verdecken. In dieser Beschaffenheit der Epidermiszellen der zur Blüthe gehörigen Theile ist wohl der Hauptgrund für das häufige Uebersehen der Spaltöffnungen an diesen Theilen überhaupt zu suchen.

Clivia nobilis: Aussenseite der äusseren Perigonblätter an der Basis weniger als an der Spitze, Mittelrippe mehr als der Rand; Innenseite zeigt nur ganz oben zahlreiche Spalt. und diese wiederum fast ausschliesslich auf der Mittelrippe; von dem oberen Drittel abwärts waren an den Rändern gar keine aufzufinden. Die drei innern Perigonblätter verhalten sich ebenso, doch ist die Anzahl der Spaltöffnungen noch geringer.

Von Liliaceen ist untersucht worden Hemerocallis flava: Oberseite der äusseren Perigonblätter hat in derselben Höhe um ein Geringes mehr Spalt. als die Unterseite. Der Rand besitzt weniger als die Mitte und die Basis weniger als die Spitze. Die zu kegelförmigen kurzen Papillen ausgewachsenen Epidermiszellen überwachsen mit ihren Rändern auch hier etwas die halbmondförmigen. Auch hier hören an der Spitze, wo die Papillen beginnen, die Spaltöffnungen auf. Grosse und kleine liegen oft dicht nebeneinander und einzelne geschlossene neben halb geöffneten.

Lilium bulbiferum: Oberseite der inneren Perigonblätter hat an der Spitze vereinzelte, in der Nähe des Blattrandes jedoch keine Spalt., welche hier bis weit hinauf an die Spitze des Blattes gehen, wo bereits lange keulenförmige Papillen beginnen. Die Thatsache, dass die Mitte mehr hat als der Rand, erstreckt sich auch auf den durch lange mehrzellige Papillen bartigen Basaltheil des Blumenblattes. Unterseite zeigt die zahlreichsten Spalt. über der Mittelrippe, der Rand der Blätter zeigt keine. Die Wandungen der Epidermiszellen des Randes sind stark wellig gebogen, die der Mittelrippe sind gradwandig. Spitze der Blumenblätter immer papillös durch mehrzelligen Papillen. Staubfäden ohne; Staubbeutel haben zwischen dem polyedrischen Gewebe ziemlich zahlreiche Spalt. Die Bulbillen in den Blattachseln zeigen ebenfalls sparsame Spalt. von fast kreisrunder Gestalt, während dieselben am Stengel, an der Basis der Blumenblätter und über der Mittelrippe elliptisch sind.

Von 11 untersuchten Blättern fand ich zwei, welche sehr ver-

einzelte Spaltöffnungen auf ihrer Oberfläche an der Spitze hatten.*) Nach den gerade an dieser Pflanze vielfach angestellten Untersuchungen, wonach ganz ausserordentliche Schwankungen vorkommen, scheint es fast, als hätte dieselbe Pflanzenspecies in verschiedenen Exemplaren einmal mehr, ein andermal weniger Spaltöffnungen entwickelt, was eine von einem bekannten Forscher allerdings verneinte Abhängigkeit der Zahl der Spaltöffnungen von äusseren Einflüssen dennoch vermuthen lässt.

Sehr auffallend tritt hier die vielfach bei anderen Pflanzen beobachtete Erscheinung auf, dass die Epidermiszellen über den Gefässbündelsträngen der Hauptrippen anders entwickelt sind als die über dem Parenchym. Ueber den Gefässbündeln bilden die Epidermiszellen 2—4 Reihen in der Grundform elliptische, an beiden Seiten flaschenförmig ausgezogene Formen, die grösser und dickwandiger als die andern sind.

Crinum crassifolium: Unterseite der äusseren Perigonblätter zeigt an der Basis auf der Mittelrippe doppelt so viel als am Rande; nach der Spitze zu gleicht sich dieser Unterschied zwischen Mittelrippe und Rand aus; die Spitze hat 5—6 mal so viel als die Basis und während ihre Form dort langgestreckt ist, sind sie hier fast kreisrund, ebenso wie die Epidermiszellen, welche an der Basis langgestreckt, an der Spitze von fast gleichem Längen- und Breitendurchmesser sind. Es ergiebt sich, dass auch bei Blüthenorganen mit der Gestalt der Epidermiszellen ebenfalls die Spaltöffnungen sich ändern, was ihr Verhältniss zwischen Längs- und Querdurchmesser anbetrifft.

Oberseite hat nur etwa den vierten Theil der Spaltöffnungen der Unterseite.

Die inneren Perigonblätter verhalten sich ebenso wie der äussere Kreis, nur sind die Spaltöffnungen im Allgemeinen weniger zahlreich, Staubfäden ohne Spalt.; Griffel mit vereinzelten, langgestreckten, nach der Spitze an Zahl zunehmenden, in der Nähe der Narbe selbst zahlreichen und hier nach verschiedenen Richtungen gelagerten Spaltöffnungen versehen. Fruchtknoten hat zahlreiche, nicht parallele Spaltöffnungen.

Die hier gegebenen Beispiele aus den Familien der Amaryllideen

---

*) Die Untersuchungen von Hedwig, Krocker und Weiss wiesen keine Spalt. nach; Sprengel jedoch fand (nach Angabe von Weiss) 5 auf 1 □ mm Fläche der Oberseite.

und Liliaceen können noch durch manche Vertreter anderer monocotyler Familien, welche sich im Wesentlichen ebenso verhalten, vermehrt werden und welche die aus den obigen Beobachtungen gefolgerten Sätze bestätigen.

1. Demnach ist zu behaupten, dass die von den drei äusseren Perigonblättern eingeschlossenen drei inneren (oder auch bei künstlich gefüllten Blumen eine grössere Anzahl) fast ausnahmslos Spalt. zeigen und nur insofern ein Unterschied zwischen bedeckten und freien Blüthenkreisen stattfindet, als erstere eine geringere Anzahl Spaltöffnungen besitzen. *)

2. Die Vertheilung auf dem einzelnen Perigonblatte ist eine ähnliche wie die auf dem eiförmigen Laubblatte. Hier hat die mittlere Längsregion stets die meisten Spaltöffn.

3. Während das Laubblatt fast immer bis zur Spitze eine stete Vermehrung der Anzahl der Spaltöffnungen zeigt, findet man meist an der in lange Epidermis-Papillen auswachsenden Spitze der Blumenblätter keine Spaltöffnungen mehr.

4. Die Paracorolla, die Staubfäden und der Griffel haben nur in seltenen Fällen vollkommene Spaltöffnungen.

III. Oeffnen und Schliessen der Spaltöffnungen.

In der werthvollen Arbeit von H. v. Mohl (bot. Zeit. 1856, No. 40) ist besonders auf den Unterschied in der Funktion der Spalt. hingewiesen, je nachdem sich dieselben normal im Gewebe oder möglichst isolirt befinden. Um alle Uebergänge von ersteren zu letzteren beobachten zu können, nahm ich gesunde, im Topfe vegetirende Pflanzen von Amaryllis formosissima, Scilla maritima, Hyacinthus orientalis, Tulipa suaveolens und Queltia odora. Aus den sonst unbeschädigten Blättern wurde sehr schräg ein Stück so herausgeschnitten, dass die ganze Schnittwunde muldenförmig war; an der tiefsten Stelle dieser Mulde war alles Parenchym so weit

*) Die Behauptung Unger's in seinem neuesten Werke: Grundlinien der Anatomie und Physiologie, Wien 1866 pag. 67, dass die Spalt. fast ausschliesslich nur an den grünen Pflanzentheilen zu finden sind, scheint durch die Untersuchungen von Hildebrand und mir unhaltbar zu werden. Hildebrand's oben citirten Satz kann ich nicht bestätigen.

entfernt, dass nur noch die Epidermis der anderen Seite übrig blieb oder auch diese selbst fehlte.

Die Ränder dieser Oeffnung boten zunächst durchsichtige Epidermis dar, entsprachen also einem Präparate der abgezogenen Oberhaut, wo die halbmondförmigen am meisten isolirt waren und ihre nächsten und directen Bewegungen am besten beobachtet werden konnten. Je weiter man sich von der Oeffnung entfernte, desto dicker wurden die stehen gebliebenen Schichten und desto mehr näherten sich die Spaltöffn ihrer vollständig normalen Lage. Das so muldenförmig ausgeschnittene Blatt wurde, ohne von der Mutterpflanze getrennt zu sein, durch Klammern auf dem Objecttische über einem breiten Objectträger befestigt. Die am meisten isolirten Spaltöffnungen des Schnittrandes zeigten sich geschlossen; die über einer ziemlich dicken Parenchymschicht waren und blieben bei längerer Trockenheit halb offen. — Der Zutritt von Wasser öffnete die Spaltöffnungen am Rande des Schnittes ein wenig, was aus der rundlich werdenden Gestalt geschlossen wurde; am deutlichsten trat die Erscheinung bei Hyacinthus orientalis und Amaryllis formosissima hervor. Die anderen über dem weniger verletzten Gewebe liegenden zeigten keine merkliche Veränderung.

In überzeugender Weise zeigte sich diese Erscheinung bei Queltia odora an einem Blatte, welches mehrere Tage in einer feuchten Botanisirtrommel liegen geblieben und an seiner Spitze bereits in Zersetzung begriffen war. Der an der Uebergangsstelle des lividen in das grün gefärbte Gewebe ausgeführte muldenförmige Schnitt zeigte an dem kranken Theile bedeutend erweitertere Spaltöffn. als am grünen Theile. Bei Wasserzutritt erweiterten sich alle Spalt. sichtbar, ohne jedoch bei längerem Aufenthalte im Wasser sich wieder zu schliessen, wie nach v. Mohl's Untersuchungen zu erwarten gewesen wäre. Erst bei Zutritt von Jodglycerin schlossen sie sich in kurzer Zeit.

Derselbe Vorgang, nur in jeder Beziehung merklich schwächer, erfolgte an dem noch grünen Theile des Präparates. Die Wiederholung bestätigte das hier Beobachtete. Das weitere Oeffnen der Spalt. des lividen Theiles im Verhältniss zu den Spalt. des gesunden Blatttheils ist nach v. Mohl's Angabe leicht erklärlich: In dem in Zersetzung begriffenen Theile des Blattes ist der Zusammenhang der einzelnen Zellen untereinander ein geringerer, der Widerstand, den das übrige allmählig

aufquellende Gewebe den stark aufquellenden, halbmondförmigen entgegensetzt, ebenfalls ein geringerer und die durch kräftige Endosmose verursachte Spannung der halbmondförmigen tritt somit mehr in die Erscheinung. Das Aufquellen der halbmondförmigen wird nach der Seite zunächst eine grössere Spannung hervorrufen, die den geringsten Widerstand entgegensetzt, und das ist die convexe, nach der benachbarten Epidermiszelle gekehrte Wandung, wogegen die cuticularisirte concave, wenig oder gar nicht dehnbar, in ihrer Krümmung der äusseren folgt.

Der angegebene Unterschied wurde nun an einigen abgezogenen Oberhautstücken eines in Zersetzung begriffenen Blattes untersucht und es zeigte sich hier die Gestaltveränderung in einem solchen Maasse, dass die Längsspalte zur Querspalte wurde.

Dies zeigte sich auch bei einem faulenden Blatte von Phaedranassa fuchsioides, wo die quergeöffneten reichlich Stärke enthielten; der gesunde Theil des Blattes hat normal geöffnete Spalt. Bei dem Oeffnen und Schliessen fanden aber insofern oft Unregelmässigkeiten statt, dass sich neben weit geöffneten Spalt. unter anscheinend ganz denselben Verhältnissen auch solche zeigten, welche fast geschlossen waren.

Die Veränderung in der Gestalt der Spaltöffnungen liess sich hier folgendermaassen beobachten. Der noch gesunde, grüne, untere Theil des Blattes zeigte in feuchter Luft halb geschlossene Spalt., die sich bei Wasserzutritt zu dem abgezogenen Stückchen Oberhaut aber erweiterten, ohne jedoch bis zur kreisrunden Gestalt zu gelangen. In dem schon in Zersetzung begriffenen Theile trat bei Wasserzutritt nicht nur die Kreisform auf, sondern auch die oben beschriebene, vollständig quergeöffnete Spalt. Hier war das Parenchym schon vollständig entfärbt und die Intercellulargänge voll Flüssigkeit; die halbmondförmigen hatten noch reichlichen Stärkeinhalt. Noch weiter nach der Spitze zu, wo die Fäulniss am weitesten fortgeschritten war, konnte ein Oeffnen durch Wasserzutritt nicht hervorgebracht werden, wohl aber noch ein Schliessen durch Jodglycerin. Stärke war in den halbmondförmigen nicht mehr nachweisbar und die grösste an ihnen beobachtete Oeffnungsweite erreichte nicht die der Spalt. am gesunden Blatttheile.

Narzissus Tazetta: Bei dem in Wasser längere Zeit aufbewahrten Präparate eines lividen Blattes verloren die quergeöffneten Spaltöffnungen nur wenig von ihrer abnormen Form. In Glycerin dagegen

näherten sie sich binnen drei Viertel-Stunden ihrer normalen Gestalt; in verdünnter Schwefelsäure schlossen sie sich oft binnen 5 Minuten. Jod wirkte bedeutend langsamer, zeigte zahlreiche Stärkekörnchen an und färbte den übrigen Inhalt gelb. Einige Male wurden hier sehr entwickelte Zellenkerne gefunden, die ein Drittheil der halbmondförmigen einnahmen und deren Inhalt durch Jod gelb wurde. (Andere Exemplare derselben Art zeigten dies jedoch nicht.)

Untersucht wurden hierauf die Blüthenorgane von Lilium candidum, dessen Staubbeutelhälften und Connectiv reich mit Spaltöffnungen bedeckt sind. Das abgeschnittene Stück Oberhaut zeigt im frischen Zustande etwas geöffnete, elliptische Spaltöffnungen; lässt man nun Wasser hinzutreten, so öffnen sich die Spaltöffnungen sehr weit, besonders die am Rande des Schnittes, welche oft quergeöffnet beobachtet worden sind. Jodglycerin schloss dieselben von allen anderen angewendeten Reagentien am schnellsten; nächstdem erwies sich gesättigte Kochsalzlösung als sehr wirksam und bedeutend besser als Zucker. Angewendet wurden ausser verdünnter Schwefelsäure noch Chlorzinkjod, reine Jodlösung, Alkohol und verschieden gesättigte Lösungen von Zucker, Chlornatrium, Chlorcalcium, kohlensaures Kali etc.

Lilium testaceum und Lilium Martagon: Blumen bei Regenwetter geschnitten. Staubbeutel noch nicht geöffnet, Spaltöffnungen sind fast gänzlich geschlossen. Weder Austrocknen noch erneuerter Wasserzutritt brachte die Spaltöffnungen zum Oeffnen.

Die Staubbeutel einer Knospe, welche 28 Stunden im trocknen Zimmer lagen, sind nicht aufgesprungen; ihre Spaltöffnungen sind ebenfalls fast gänzlich geschlossen; ein 1stündiges Liegen des Schnittes im Wasser öffnet dieselben nicht. Die Staubbeutel einer 24 Stunden im Wasser liegenden Knospe zeigen sowie die Perigonblätter nicht sehr bedeutend, doch immer merklich geöffnete Spalt., welche sich jedoch an dünnen Schnitten bei reichlichem Wasserzutritt nicht erweitern; dasselbe Verhalten findet in feuchter Luft statt.

Derselbe Versuch wurde mit denselben Species und ausserdem mit Lilium Brownii, Alstroemeria chilensis (welche jedoch nicht besonders geeignet ist), Crinum crassifolium und den Irideen Anomathea xanthopsila und Iris xiphyroides wiederholt. Davon gaben Crinum crassifolium und Alstroemeria chilensis trotz ihrer grossen Spaltöffnungen weniger gute Objecte zur Beobachtung, da die übrigen Epi-

dermiszellen über die halbmondförmigen hinauswachsen und dieselben theilweis verdecken.

Während die ersten Beobachtungen bei Regenwetter stattfanden, geschahen die letzteren bei hellem Wetter, wobei die Blüthen selbst mehrere Stunden lang der Sonne ausgesetzt waren.

Das Resultat ist unter beiderlei Verhältnissen trotzdem hinsichts der Spaltöffnungen dasselbe gewesen.

Die geringe Anzahl der Untersuchungen berechtigt noch zu keinen Schlüssen. Feststehend ist nur, dass an einigen Blättern, die in Zersetzung übergegangen sind, Spaltöffnungen beobachtet werden, die sich bei Wasserzutritt so weit öffnen, dass aus der Längsspalte eine Querspalte wird. Dieselbe Erscheinung tritt sofort sehr deutlich bei Präparaten ein, die von den Staubbeuteln genommen werden, wo der Beobachter genau das allmählige Oeffnen bei Wasserzutritt und das mehr oder minder schnelle Schliessen bei Anwendung verschiedener wasserentziehender Reagentien beobachten kann.

Während die Vorgänge an den grünen Blättern durch ihre geringeren Ausschreitungen nach der einen oder anderen Seite weniger bemerklich sind, tritt die Erscheinung klar und schlagend an den hier angewandten Präparaten zu Tage. Der Erklärungsgrund für diese grössere Deutlichkeit in den Bewegungen der halbmondförmigen Zellen ist in der grösseren Lockerheit des Gewebes zu suchen, die bei den Staubbeuteln im natürlichen Baue liegt, bei dem faulenden Blatte durch die Auflösung der Intercellularsubstanz bedingt ist.

Resultate.

1. Es giebt eine Anzahl Liliaceen und Amaryllideen, deren Blätter auf der Oberseite mit Ausnahme der Gegend über oder in der Nähe der fleischigen Mittelrippe des Blattes keine oder doch verschwindend wenig Spaltöffnungen haben.

2. Dasselbe gilt auch für die Perigonblätter; an der Paracorolla wurden keine Spaltöffnungen aufgefunden.

3. Von den wesentlichen Organen der Blume zeigen sich der Fruchtknoten und die Staubbeutel mit zahlreichen Spaltöffnungen besetzt. Der Griffel und die Staubfäden zeigen dieselben nur in seltenen Fällen.

4. Die Gestalt und Richtung der Spaltöffnungen hängt wie die der Epidermiszellen von ihrer grösseren oder geringeren Entfernung von den Hauptrippen ab.

5. Blätter mit dünner Epidermis zeigen bei ihrer beginnenden Zersetzung Spaltöffnungen, die soweit geöffnet sind, dass die Längsspalte zur Querspalte wird; sie schliessen sich schnell durch wasserentziehende Reagentien.

6. Die Spaltöffnungen an den Staubbeuteln einiger Liliaceen und Amaryllideen zeigen an dünnen Schnitten bei Wasserzutritt die Erscheinung des Queröffnens und das Schliessen bei Einwirkung wasserentziehender Reagentien unter den Augen des Beobachters in kurzer Zeit.

Der Füllkern, der diaphragmatische und der intercellulare Zellkern.

Von

Dr. **Th. Hartig.**

Erste Abtheilung.

Der Füllkern.

(Hierzu Tafel XVIII und XIX.)*)

Beim Studium von Entwickelungsfolgen gestattet die Mikroskopie selten mehr als die Anschauung einzelner Buchstaben; dem Beobachter ist es überlassen, daraus das Wort zusammenzusetzen, das bei durchaus gleicher Erkenntniss der Buchstaben ein sehr verschiedenes wird, je nach Verschiedenheit seiner Zusammensetzung. Das richtige Wort zu finden, dazu reicht Sinnesschärfe und die genaueste Bekanntschaft mit den einzelnen Buchstaben nicht aus. Dasselbe Material zu dem einzig richtigen Gebäude zusammenzufügen, dazu gehören ausserdem die Gaben des „Pfadfinders".

Nirgends hat dieser Umstand tiefer in die Wissenschaft eingegriffen, als in die vorliegenden Zellkern-Studien. Es tritt der Zellkern dem Beobachter theils als ein undeutlich und unregelmässig begrenzter, theils als ein bestimmt geformter, scharf umschriebener Körper vor

---

*) Zum Druck eingesendet den 19. September 1866. D. R.

Augen. Nimmt man den diffusen Zustand des Zellkerns nicht allein, sondern auch der verschiedenartigen Mehlkörper als den vorhergehenden an, den compacten Zustand hingegen als den endlichen, dann entspringt daraus die Lehre vom Urschleime (Protoplasma, Cytoblastem), dann sind alle organisirten, alle selbstständig sich ernährenden, nach bestimmten Gesetzen wachsenden, durch Selbsttheilung sich vermehrenden Pflanzentheile, dann sind der Zellkern, die Mehlkörper und die erste Zelle einer jeden Pflanze Gebilde einer Urzeugung aus formloser Materie. Das lebendige Thier, die wachsende Pflanze sind dann Heerde fortdauernder Schöpfungsacte. Nimmt man hingegen den compacten Zustand des Zellkerns als den vorhergehenden, den diffusen Zustand als den nachfolgenden einer Auflösung oder Zerstreuung an, dann folgt daraus eine Propagationslehre, die auch im Innern des lebendigen Ge·chöpfs eine Urzeugung nicht erkennt, daher der Annahme eines Urschleimes nicht bedarf. Abgesehen von der Umbildung organisirter Theile des Thier- oder Pflanzenkörpers zu niederen Thieren oder Pflanzen, erwächst nach ihr jedes lebendige Geschöpf aus einer, einem Mutterkörper gleicher Art entstammenden, durch den Act der Befruchtung individualisirten Urzelle, in Folge einer, auf Zellentheilung beruhenden Zellenmehrung. Diese erste Zelle des Individuums bildete sich aus einem ersten Zellkerne, der seinerseits aus einem ersten Kernkörperchen erwuchs, das aus einem Theile seiner selbst sich ergänzt. Nicht allein alle Zellen desselben Individuums sind durch Theilung und Umbildung entstandene Nachkommen der Urzelle, sondern, durch die gleichzeitige Zellkerntheilung, auch alle übrigen organisirten Bestandtheile des Zellraumes: die Mehl- und Bläschen-Körper desselben, entstammend den Kernstoffkörnern des Zellkerns, während alle organischen, nicht organisirten Pflanzenstoffe: Zucker und Gummi, Schleim und Leim, Oele und Harze, theils Absonderungs-, theils Auflösungs-Producte vorgebildeter organisirter Pflanzentheile sind.

So weit tragende Gegensätze in einer der wichtigsten Grundfragen physiologischer Wissenschaft entspringen denselben Wahrnehmungen, je nachdem man den verflüssigten, zerstreuten, oder den festen Zustand des Zellkerns als den vorhergehenden hinstellt, und es ist gewiss von grosser Wichtigkeit, dass hierüber eine Einigung der Arbeiter am Mikroskope eintrete, denn nur das Mikroskop, im Zusammenwirken

mit physicalischen und chemischen Agentien, kann hierüber Aufschluss gewähren.

Seit ich im Jahre 1842 die Lehre vom Zellschlauche (Ptychodeschlauch, Primordialschlauch) in die Wissenschaft einführte, habe ich mich bemüht, beweiskräftiges Material zu sammeln für die von mir vertheidigte Fortpflanzungs-Theorie.

Anknüpfend an die, in meiner Schrift: Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims, Leipzig 1858, zusammengestellten Beobachtungen der Entstehung des Zellkerns aus dem durch Selbsttheilung sich mehrenden Kernkörperchen, der Zellenbildung aus dem Zellkerne, der Zellenmehrung durch Zellentheilung, der Entstehung verschiedenartiger organisirter Körper des Zellraumes aus den Kernkörpern des, mit jeder Zellentheilung sich theilenden und in die Tochterzellen eingehenden Tochterzellkerns, stelle ich nachfolgend diejenigen Beobachtungen zusammen, um die, seit dem Erscheinen jener Schrift, meine Kenntnisse in dieser Richtung sich erweitert und vervollständigt haben.

Im terminalen Theilungsgewebe des aufsteigenden und im subterminalen Theilungsgewebe des absteigenden Knospenwärzchens, im lateralen Theilungsgewebe der Markstrahlen und im basalen Theilungsgewebe junger Blätter wie im Pollen bildenden Zellgewebe junger Antheren ist der Zellkern um so grösser im Verhältniss zur einschliessenden Zelle, je jünger letztere ist. In den jüngsten Zellen dieser Theilungsgewebe füllt er den Raum derselben vollständig aus und habe ich ihn aus diesem Grunde Füllkern (Nucleid) genannt.

In allen den eben genannten Fällen bildet der Füllkern allein den Inhalt der, aus einer Cellulosewandung bestehenden Zelle, ein Zellschlauch ist nicht vorhanden. In allem Uebrigen ist der Füllkern ein normal gebildeter Zellkern. Seine, unter dem Druck auf das Deckglas wachshart und elastisch erscheinende Substanz färbt sich in Karminlösung tiefroth. Im gefärbten Zustande erkennt man leicht seine Zusammensetzung aus vielen Kernkörnchen (granula), in deren Complex ein oder mehrere, durch einen lichten Saum getrennte Kernkörperchen (nucleoli) eingeschlossen sind. Diese letzteren vermehren sich durch Selbsttheilung, indem sie sich strecken und durch die Bisquitform zur Zweitheilung gelangen, an der dann auch der lichte Saum Theil nimmt (Fig. 2 c). Diese Selbsttheilung des Kernkörperchens

durch Abschnürung geht stets der Theilung des Zellkerns vorher und bestimmt die Lage und Richtung der Theilungsflächen.

Die in Ebenen-, Menisken- oder in Kugelmantel-Flächen eintretende Zellkerntheilung (Fig. 1, b p•h) vollzieht sich dadurch, dass die in der Theilungsfläche liegenden Kernkörperchen sich in Kernbläschen (Physalid, Vacuole), wahrscheinlich durch Flüssigkeits-Aufsaugung ausdehnen, womit sie zugleich das Vermögen der Farbenaufspeicherung verlieren. Durch Resorption der sich berührenden Kernbläschenwände und durch Verwachsen der nicht in gegenseitiger Berührung stehenden Wandungsflächen der Bläschenschicht zu zweien parallelläufigen Membranen bekleiden sich Kernkörner zu beiden Seiten des, durch die Resorption entstandenen Spaltes mit einer neuen Hüllhaut, die sich der äusseren Hüllhaut des Mutterkerns anschliesst und dadurch die Integrität jedes der getrennten Zellkerntheile wieder herstellt.

Selbstverständlich lässt sich dieser Vorgang in seinem ganzen Verlauf an den Zellkernen selbst nicht beobachten. Man sieht an ihnen nicht mehr, als dass da, wo früher Kernkörnchen lagerten, später eine Schicht durch Karmin nicht mehr gefärbter Kernbläschen auftritt, dass an deren Stelle später eine Spaltfläche sich bildet und dass die dadurch getrennten Theilungsflächen des Zellkerns mit einer neuen Hüllhaut bekleidet sind, die sich der Hüllhaut der älteren Zellkernflächen unmittelbar anschliesst (Fig. 1, a—b, l—m, n—o).

Alles Uebrige obiger Erklärungsweise erschliesse ich aus anderen, der Beobachtung günstigeren Objecten. Dahin gehört besonders die Entwickelung der ächten Adventivknospen in dem grosszelligen Parenchym der Ueberwallungen kräftig gewachsener Schwarzpappel-Aeste, wie sich solche bilden, wenn man 2—3 Zoll dicke und eben so lange Abschnitte auf nassen Sand unter eine Glasglocke bringt. Wo eine Adventivknospe entstehen soll, steigert sich das Tempo der Theilungsgeschwindigkeit in einer, oder in einigen Nachbarzellen des neuen Rindenparenchyms der Ueberwallung. Es bilden sich dadurch Nester eines kleinzelligen Parenchyms, einige Zellen tief unter der Aussenfläche der Ueberwallung, in dessen Innerem eine kappenförmige Schicht kleiner Zellen jenen Vorgang theilweiser Resorption und theilweiser Verwachsung der Schichtzellen-Wände zu einer, das neue Knospenwärzchen bekleidenden Oberhaut auf's Bestimmteste erkennen lässt (Lehrb. für Förster, 10. Aufl. Bd. I, p. 366, Fig. 53). Auch die Ent-

wickelung der Holzröhren aus dem cambialen Fasergewebe der Laubhölzer liefert überzeugende Beläge theilweiser Resorption theilweiser Verwachsung der Wandungstheile ein und derselben Zelle zu geschlossenen Hautflächen (s. auch Botan. Ztg. 1854, p. 1, Taf. I, Fig. 1—13).

Die Kernkörner des von einer Hüllhaut eingeschlossenen Zellkerns sind es, welche das Material zu allen organisirten Elementartheilen der Zelle liefern. Auf diesem Wege verschiedenartiger Umbildung erscheint das Kernkörnchen zunächst nicht mehr solid, sondern mit einem von einem lichten Saume umgebenen Centralkörnchen, wie solches die Figuren 2 d, f, m, r, s, e darstellen. Für diesen Zustand erster Umbildung habe ich den Namen „Elementarkörperchen" gewählt.

Ich lasse nun als Belag des Gesagten eine Reihe einzelner Beobachtungen folgen, mit dem Bemerken, dass in den gegebenen Zeichnungen der Zellkern durch gleichmässig dunklere Schattirung bezeichnet ist.

1. Vom Füllkern der Spaltdrüsen.

Taf. XVIII, Fig. 1 a—u.

Für das Studium der Entwickelungsfolge haben alle Objecte besonderen Werth, an denen erstere sich aus der Stellung der verschiedenen Alterszustände gleichbedeutender Organe ergiebt; nicht allein der historischen Folge wegen, sondern auch dadurch, dass das, am jüngeren oder älteren Organe Beobachtete auf Dinge aufmerksam macht, die am vereinzelten Objecte möglicherweise übersehen oder unrichtig gedeutet worden wären.

Ein in dieser Hinsicht ausgezeichnetes Material liefert die Oberhaut möglichst junger Blätter, wenn sie vermittelst Nadel und Pincette vom Diachym bis zur Blattbasis hinab abgezogen, mit der Zellenseite nach oben gewendet, auf der Objectplatte ausgebreitet und unter Karmin-Glycerin gebracht wird. Vollständige Färbung des Zellkerns tritt dann in 3—4 Tagen ein. Blätter, deren Oberhaut sich nicht bis zur Blattbasis abziehen lässt, muss man 6—8 Stunden in wässriger Karminlösung kochen.*)

*) Bei allen Zellkern-Studien ist die Färbung des Objects unbedingt nothwendig. bediene mich dazu einer Karminlösung in schwacher Kalilauge, von der nur

In allen Fällen enden die, der geschlossenen Cuticula unmittelbar anliegenden Oberhautzellen an der Basis des Blattes in einer permanenten Mutterzelle, die nur einseitig, nach der Blattspitze hin, Tochterzellen durch Selbsttheilung bildet.

Diese Mutterzelle enthält stets einen Füllkern, d. h. einen Zellkern, der den ganzen Zellraum ausfüllt, dessen Oberhautzellenbildung in Fig. 1 a—f aus jungen Blättern von Lilium candidum dargestellt ist.

Fig. a) Der Füllkern mit einem in der Theilung begriffenen Kernkörperchen.

Fig. b) Derselbe mit einer Querschicht in Kernbläschen verwandelter Kernkörnchen zwischen den beiden getrennten Kernkörperchen.

Fig. c) In der Fläche der Kernbläschen hat sich die Zweitheilung vollzogen. Im Innern des der Blattspitze zugewendeten Tochter-Füllkerns spaltet sich um das Tochter-Kernkörperchen, durch eine kugelmantelförmige Schicht von Kernbläschen, der neue Zellkern aus.

Fig. d) In dem Tochter-Füllkern hat der Zellkern nach der Blattbasis hin ein Grossbläschen (Makrophysalid) entwickelt und ist durch dieses an das obere Ende der verlängerten Tochterzelle hingedrängt. Sein Kernkörperchen erleidet erneute Zweitheilung. Der Zellschlauch einer Oberhautzelle ist hiermit vollendet. Seine äussere Schlauchhaut ist die erweiterte Hüllhaut des Mutterkerns, die innere Schlauchhaut ist die Haut des Grossbläschens, erfüllt mit wasserklarer Flüssigkeit,

---

soviel zugesetzt werden darf, dass noch ein geringer Rückstand ungelösten Karmins verbleibt. Die Lösung wird dann filtrirt und theils mit Wasser, theils mit Alkohol und Glycerin in verschiedenen Graden verdünnt. Lösungen von Jod in Wasser, Alkohol und Glycerin sind gleichfalls nothwendige Reagentien. Wässrige Jodlösung fördert die rasche Aufnahme des Farbstoffs in hohem Grade. Kocht man das zu untersuchende Zellgewebe in Karminlösung (kleinere Zellgewebsmengen über der Lampe in langen, cylindrischen Probirgläschen), bis die Zellen mit der Präparirnadel oder unter dem Druck des Deckglases sich unverletzt trennen, dann wird man finden, dass nur der Zellkern und dessen jüngste Producte sich roth gefärbt haben. Auch in nicht gekochten, aber unverletzten Zellen sind alle übrigen festen und flüssigen Körper, das Klebermehl ausgenommen, vollständig diachroman, während in allen durch Schnitt oder Druck geöffneten Zellen auch Schleim- und Schlauchhäute sich färben. Bei schwierigen Objecten ist starke Blendung durch Drehscheibe oder Cylinder bei guter Beleuchtung nothwendig. Weisse Wolken geben auch in diesem Falle bis zu 400maliger Linearvergrösserung das beste Licht, besonders für Farbenunterschiede. Bei trübem oder bei ganz klarem Himmel arbeite ich auch bei Tage vor einer Solaröllampe mit breitem Brenner und Reflector. Meine Augen befinden sich dabei ganz wohl.

zwischen beiden Schlauchhäuten lagern im Schlauchsafte diejenigen Kernkörnchen und Kernbläschen, welche im Füllkern (c) ausserhalb der kugelmantelförmigen Bläschenschicht verbleiben.

Fig. e) Im Zellschlauch der Oberhautzelle bildet sich zwischen den beiden nun getheilten und auseinandergetretenen*) Kernkörperchen eine Querschicht von Kernbläschen als Vorbereitung einer erneuten Zweitheilung, während im permanenten Mutterkerne die Bisquitform des Kernkörperchens ebenfalls eine folgende Theilung ankündigt.

Fig. f) Die Zweitheilung des Zellkerns im Oberhautzellschlauche ist vollendet. Aus der oberen plattenförmigen Hälfte bilden sich später die Spaltdrüsen; die untere, dem Zellschlauch der Oberhautzelle verbleibende Hälfte rundet sich zur normalen Zellkernform.

Fig. g) Die Zwischenzelle (z) hat sich ohne weitere Veränderungen vergrössert, sie ist noch ein wahrer Füllkern. Die Mutterzelle schreitet zu erneuter Zweitheilung und ihre obere Hälfte (x) wiederholt den von b – f dargestellten Entwickelungsverlauf. In der Oberhautzelle (o) erleidet der Zellkern stets eine Ortsveränderung, meist dadurch, dass er im Schlauchraume bis zur Mitte der Zelle hinabsteigt und von dort aus in den inneren Zellraum sich abschnürt (g'), um dort, aus sich selbst, einen neuen Zellschlauch zu bilden, während der körnige Bestand des primitiven Zellschlauchs zur Cellulosewandung sich zusammenfügt, die beiderseits von den Schlauchhäuten für immer bekleidet bleibt. Seltener geht hier die Einstülpung**) von der oberen Lagerstätte des Zellkerns aus. In den langgestreckten Oberhautzellen von Narcissus ist es mir einigemale geglückt, an abgezogener Oberhaut die Ortsveränderung des Zellkern, das Hinabsteigen desselben in den Innenraum der Zelle unmittelbar zu beobachten. Sie nahm nur wenige Secunden in Anspruch.

*) Die Frage, wie es geschehen kann, dass innerhalb einer nicht flüssigen, körnigen Masse die Tochter-Kernkörperchen thatsächlich auseinandertreten, möchte ich durch die Annahme beantworten, dass in der Theilungsebene eine gesteigerte, auf Theilung beruhende Mehrung der Kernkörnchen eintrete.

**) Aus diesen Einstülpungen erklärt sich recht hübsch die Thatsache: dass da, wo sich mehrere Zellwände in einander bilden, wie in vielen Bastfasern, die Windungen des Cellulosebandes eines jeden entgegengesetzt verlaufen den Windungen des vorher gebildeten Bandes (Bot Ztg. 1855, p. 461, Taf. IV, Fig. IX b). In der That ist der Windungsverlauf in allen eingeschachtelten Zellwänden derselbe, durch die Einstülpung wird er aber scheinbar in jeder jüngeren Zellwand ein entgegengesetzter.

Mehrere Beobachtungen deuten darauf hin, dass die den Zellkern bewegende Kraft Bläschenbildung ist, auf der, dem Bewegungsziele entgegengesetzten Seite des Zellkerns.

Von hier ab verfolge ich nun die Veränderungen, welche die zur Spaltdrüse sich entwickelnde Zwischenzelle (Fig. g, z) erleidet.

Fig. 1h zeigt den Füllkern dieser Zwischenzelle ohne die verschliessende Zellwandung, die in allen nachfolgenden Zeichnungen zu Fig. 1 ebenfalls nicht mitgezeichnet ist. In ihr wiederholt sich zunächst die Ausspaltung eines centralen Zellkerns durch eine Schicht kugelmantelförmiger Bläschen, die ich hier, wie überall, etwas grösser gezeichnet habe, als sie im Verhältniss zum Füllkern wirklich sind, grösserer Deutlichkeit der Abbildung wegen. Durch die Hautbildung aus dieser Bläschenschicht erhält einestheils der centrale Zellkern, andererseits die innere Fläche des peripherischen Theils der Kernkörnchen des Füllkerns ihre Hüllhaut. In dieser peripherischen Kernkörnchen-Schichtung entwickelt sich nun eine zweite kugelmantelförmige Schicht von Kernkörnern zu grösseren Bläschen (i), durch deren Wachsthum und Canalisirung zu sogenannten Schleimfäden ein Rest von Kernkörnchen nach der äusseren Hüllhaut gedrängt wird, die in dem Zustande k durch Karminlösung aber noch roth gefärbt wird; erst später, in Cellulosekörner umgewandelt, zu der den beiden Spaltzellen gemeinschaftlichen Cellulosewandung untereinander verwachsen (l), die sich dann durch scharfe, doppelte und parallelläufige Contourirung und dadurch vom vorhergehenden Zustande unterscheidet, dass sie von da ab Farbstoffe nicht mehr aufnimmt.

Während dieser Zellwandbildung vergrössert sich der centrale Zellkern zu einem neuen Füllkerne, der sich darauf durch eine Längsschicht von Kernbläschen in zwei gleich grosse Hälften theilt (l, m).

In jeder dieser Füllkernhälften verwandelt sich nun wiederum, wie in i, eine kugelmantelförmige Schicht von Kernkörnern in Kernbläschen (n), die, unter sich verschmelzend, die Hüllhaut einer peripherischen und einer centralen Füllkernmasse bilden, die beide von Karminlösung noch roth gefärbt werden (o). Das ist nicht mehr der Fall in der, von der gemeinschaftlichen Zellwandung noch zusammengehaltenen Doppelzelle p, woselbst sich die, jeder einzelnen Spaltzelle angehörende Zellwandung ebenso geklärt und scharf doppelt begrenzt hat, wie vor ihr die gemeinschaftliche Cellulosewandung (k — l). Mit

grösster Bestimmtheit lässt es sich verfolgen, dass es die in Fig. k und o gekörnelte und durch Karminlösung sich roth färbende Aussenschicht ist, die sich zu der, beiderseits von der Hüllhaut bleibend bekleideten Zellwandung umgebildet hat.

Bis zu diesem Zustande vorgeschritten, spaltet sich nun ein Zellkern in der Umgebung des Kernkörperchens durch eine meniskenförmige Kernbläschenschicht dergestalt aus, dass der Zellkern ein wandständiger wird (Fig. 1 p, rechts). Mit der Versehmelzung und Vergrösserung dieser Kernbläschen klärt sich die, ausser ihnen in dem neuen Zellkerne liegende Kernkörnchenmasse und erscheint von nun ab als eine getrübte, aber ungefärbte Flüssigkeit, in der mehr oder weniger zahlreiche Mehlkörper vertheilt sind, anfänglich meist sehr kleinkörniges, in der Selbsttheilung begriffenes Stärkemehl, später Grünmehl (p, linke Hälfte).

In den Figuren q und r habe ich verschiedene Zustände des Zellschlauchs jeder einzelnen Spaltzelle dargestellt: den Zellkern theils wandständig an der äusseren (p) oder an der inneren Schlauchseite (q) oder central (r); den inneren Schlauchraum ungetheilt, durch vollständige Resorption aller sich gegenseitig berührenden Bläschenwände (q, linke Hälfte) oder durchsetzt von den canalisirten, die Intercellularräume begrenzenden Bläschenhäuten.

Die Figuren q und r stellen isolirte Spaltdrüsen dar, wie man sie erhält, wenn man lange Zeit gekochte und in Glycerin-Karmin aufbewahrte junge Blätter mit der Präparirnadel zerlegt und die isolirte Oberhaut unter Deckglas drückt. Die beiden Drüsenzellen sind in q noch von der gemeinschaftlichen Zellwandung umgeben; in r ist die eine Hälfte derselben zerrissen und die ihr angehörende Spaltzelle weggeschwemmt. An der Stelle, wo in p zwischen den beiden Spaltzellen eine Luftblase gezeichnet ist, sieht man in q zwei halbspindelförmige Schattenflächen, die bei völliger Isolirung, wie in r, einem spindelförmig umschriebenen Raume entsprechen, der einer wirklichen Durchbrechung der den beiden Spaltzellen gemeinschaftlichen Zellwandung anzugehören scheint, wie ich aus der Verzerrung dieses Raumes unter dem Druck des Deckglases schliessen möchte.

Mit der Frage über das Offen- oder Geschlossensein der Oberhaut über den beiden Spaltzellen hat dieser Gegenstand aber nichts gemein, denn die Oberhaut selbst ist über dem Spalt der beiden Spaltzellen

überall und immer vollkommen geschlossen. Meine älteren Untersuchungen über diesen Gegenstand, mitgetheilt in meinem Lehrbuch der Forstbotanik, Taf. 28, 30, 31, seitdem bestätigt durch Trecul, finde ich auch heute noch vollkommen correct. Es liegt zwischen beiden Spaltzellen ein sehr zarthäutiges, reusenförmiges Organ, das an den beiden Enden durch verdickte Reifen wie eine Reuse ausgespannt ist (Fig. t), vom unteren Reifen aus sich in eine, die tiefer liegenden Zellen äusserlich bekleidende Haut fortsetzt, mit dem oberen Reifen der Oberhaut fest adhärirt (s), so dass, wenn durch anhaltendes Kochen oder Maceriren der Drüsenapparat sich von der Oberhaut gelöst hat, die Reuse noch an ihr haftet, deren Haut und Reifen mit der Oberhaut die relative Unzerstörbarkeit in concentrirter Schwefelsäure theilt. Da der ganze Zwischenapparat erst entsteht, nachdem die beiden Spaltzellen sich getrennt haben (m), dürfte er wohl ein Ausscheidungsproduct derselben und der tiefer liegenden Zellen des Blattes sein. Dieser Reusenapparat ist es, der an lebenden Pflanzen die häufig vorhandene Luftblase (p) einschliesst, mitunter aber auch eine körnige, farbenspeichernde Substanz enthält, die ich in Beziehung bringen möchte zu dem, was ich später als intercellularen Zellkern vorführen werde.

Durch lange andauernde Maceration oder, vereinzelt, auch durch Druck auf das Deckglas über gekochter und isolirter Oberhaut löst sich auch der obere Reusenring von der Oberhaut ab. Es zeigt sich dann die, durch Falten fortdauernd markirte Anlagerungsfläche der Spaltzellen bis auf eine kleine Hautfalte (u) rein und geschlossen. Tief braune Färbung der Oberhaut durch Jodglycerin lässt nirgends eine Oeffnung erkennen, weder im nassen noch im trocknen Zustande. Nur darüber bin ich noch nicht völlig im Klaren, ob der Reusenapparat Excretions-Product sei oder aus einer Einstülpung der inneren Oberhaut-Hüllschicht hervorgehe.

Vorstehend habe ich den einfachsten Spaltdrüsenbau beschrieben, wie er bei allen Lilien, Palmen, Gräsern und den meisten dicotylen Pflanzen besteht. Die von der Oberhautzelle abgeschnürte Zwischenzelle bildet hier allein durch Zweitheilung den Drüsenapparat.

Neben dieser habe ich bis jetzt noch zwei andere Entwickelungsarten aufgefunden. Besonders schön bei Tradescantia und Commelina, aber auch bei Aloe, Agave, Yucca, Typha schnüren sich von den vier, die Spaltzellen begrenzenden Nachbarzellen vier Nebenzellen ab und

bilden mit Ersteren einen complicirteren Drüsenapparat. Merkwürdig sind die hierbei eintretenden Formänderungen der betheiligten Zellen; auch liegt hier ein Fall vor, in welchem die Wandbildung zwischen den getheilten Zellkernen der Nachbarzellen auf einer Einfaltung bereits fertiger Cellulosewandung zu beruhen scheint. Bei Tradescantia habe ich einigemal die Copulation des Zellschlauchs der Spaltzelle mit dem Zellschlauche der hinzutretenden seitlichen Nebenzelle vor Augen gehabt, ein an sich sehr versteckter Act des Zellenlebens höher entwickelter Pflanzen, dem ich aber die Correspondenz der Tüpfelcanäle benachbarter Zellen zuschreibe.

Bei Vicia, Sedum, Plantago etc. ist es eine einzelne Oberhautzelle, die zuerst eine Zweitheilung in diagonaler Richtung erleidet. Nur eine der beiden Theilzellen theilt sich darauf wiederum und dies wiederholt sich im Innern der Oberhautzelle vier bis fünf Mal in einer Schneckenlinie dadurch, dass es stets die, von der sterilen Tochterzelle entfernte Theilzelle ist, die einer erneuten Zweitheilung sich unterzieht. Erst die innerste, jüngste dieser Tochterzellen theilt sich dann zu den beiden Spaltzellen, in einer Spirallinie umlagert von den vorgebildeten sterilen Tochterzellen.

2. Der Füllkern des Blumenstaubs.

Alle Blüthenstände, deren Blumen successiv erblühen, deren obere (Tradescantia) oder untere Blüthenknospen (Mirabilis, Verbascum etc.) zur Blüthe geschritten sind, während die unteren oder oberen Knospen noch im frühesten Zustande der Entwickelung sich befinden, liefern in der Knospenfolge ebenfalls ein historisch geordnetes Material der Untersuchung, das um so werthvoller für den Beobachter ist, als in derselben Anthere grosse Mengen, meist gleich weit in der Entwickelung vorgeschrittener Pollenkörner beisammen liegen, die, wenn man die Antheren in Karmin-Glycerin, Karmin-Alkohol oder Karminwasser unter dem Deckglase zerdrückt, der Beobachtung unverletzt sich bloslegen.

Für die nachstehende Entwickelungsfolge wähle ich den Blumenstaub der Tradescantia virginica, einer in unseren Gärten häufigen Pflanze, die sich dadurch empfiehlt, dass sie fast das ganze Frühjahr und den Sommer hindurch blüht.

An der ährenförmigen Blüthe, deren oberste Blumen sich entfaltet haben, ist es ungefähr die dritte oder vierte Knospe von unten

nach oben gezählt, deren noch leicht zu isolirende Antheren, unter Deckglas in Karmin-Glycerin zerdrückt, den wurstförmig gekrümmten, cylindrischen Pollenkörper meist im Zusammenhange ausgeben. Die Pollen-Mutterzellen bilden hier noch ein zusammenhängendes, von einer Hüllhaut umgebenes Gewebe, dessen Zellen mit einem rasch sich tiefroth färbenden Füllkerne ausgestattet sind. Fig. 2 a stellt diesen letzteren innerhalb der Mutterzelle dar, die hier noch nicht zur Cellulose-Wandung ausgebildet ist, sondern den Füllkern in einer lichteren, aber dennoch noch etwas gefärbten und mit Körnchen erfüllten Schicht umgiebt. Der tiefroth gefärbte Zellkern enthält zahlreiche Kernkörperchen, die oft so nah nebeneinander stehen, dass deren Lichtsaumränder sich berühren. Durch stärkeren Druck auf das Deckglas erkennt man schon jetzt einen lichten Bläschensaum um den Zellkern (b), an dessen Stelle bei starker Quetschung eine kugelmantelförmige Spaltschicht tritt (c), die den Füllkern von der künftigen Cellulosewandung der Mutterzelle trennt. Bei starker Pressung verschwindet die körnige Structur des Zellkerns, nicht aber der ungefärbte Saum um jedes Kernkörperchen (c), die hier in der Mehrzahl und in verschiedenen Grössen und Entwickelungszuständen vorliegen. Man sieht sehr schön den Uebergang vom Kügelchen zur gestreckten und zur Bistorten-Form, der schliesslich die Selbsttheilung an der Einschnürungsstelle folgt.

Dem Verhalten unter dem Druck auf das Deckglas nach zu urtheilen, ist der Zellkern in diesem Falle wachshart und etwas elastisch. Er lässt sich sehr platt drücken, ohne zu zerreissen oder seine, durch die Färbung deutlich hervortretende, scharfe Begrenzung zu verlieren. Seine wirkliche Grösse ist bis hierher 0,02 mm., einschliesslich der künftigen Cellulosewandung 0,03 mm., bei einer Länge des wurstförmigen Pollenkörpers von 0,5 mm., einer Antheren-Länge von 0,75 mm.

Es folgt nun ein Entwickelungszustand (d), in welchem die Dicke der künftigen Cellulosewandung eher zu- als abgenommen hat. Die früher soliden Körner sind jetzt zu Elementarkörpern herangewachsen, wie ich solche links neben Fig. d abgebildet habe. Die ganze Schichtung wird jetzt noch, wie der eingeschlossene Zellkern, von Karminlösung roth gefärbt. Im centralen Zellkerne hingegen geht jetzt eine sehr eigenthümliche Structurveränderung vor sich, dadurch, dass sich lichtere, meist radial verlaufende Streifen bilden (d), die auf eine Gruppirung der Kernkörner zu grösseren Complexen hindeuten,

die später als unregelmässig begrenzte, knollige Körper erscheinen (e) und sich endlich in unregelmässige Faserkörper lösen, die sich gliedern und in neue Kernkörner zerfallen, wie ich rechts von Fig. e dargestellt habe.

Die Figuren f und g zeigen den Uebergang der äusseren, durch Karmin nur noch schwach gefärbten, verschmälerten Schicht in die Cellulosewandung der Mutterzelle, die jetzt erst perfect geworden ist. In g hat sich ein neuer Zellkern im Innern des Füllkerns durch eine kugelmantelförmige Schicht von Kernbläschen ausgespalten.

Wie Fig. 2 h es darstellt, klärt sich nun, von Aussen nach Innen fortschreitend und ohne scharfe Begrenzung, die ausserhalb des in g neu ausgespaltenen Zellkerns liegende Schicht von Kernkörnchen unter Umbildung in Elementarkörper, die durch Karmin nicht mehr gefärbt werden. Ob die geringere Zahl der grösseren Körner des centralen Zellkerns durch Verschmelzen kleinerer Kernkörner entstanden ist, entzieht sich der Beobachtung.

Die Figuren h, i, k zeigen die Entwickelung der zweiten Schicht von Elementarkörpern zur Cellulosewandung der Special-Mutterzelle in derselben Weise, wie dies die Figuren d, f, g für die erste Zellwand des Füllkerns darstellen. Von da ab entzieht sich die primitive Cellulosewand der Beobachtung, wahrscheinlich durch Resorption. Auch die Wandung der Special-Mutterzelle habe ich in den nächstfolgenden Figuren ausser Zeichnung gelassen.

Die Figuren k, l, m und n stellen die erste Theilung des nackten Füllkerns durch eine Kernbläschenschicht in zwei gleiche Halbkugeln (k) und die Ausbildung derselben zur halbkugligen Wandungszelle (n oben) dar. Der Vorgang ist im Wesentlichen folgender: Zu beiden Seiten der, die Spaltung vermittelnden Kernbläschenschicht erhält sich eine Schicht von Kernkörnchen für's erste noch unverändert, während jederseits eine innere Kernkörnchenschicht sich in Kernbläschen umbildet, wodurch die Hauptmasse der Kernkörnchen jeder Füllkernhälfte von der, später zur Cellulosewand sich umbildenden inneren Grenzschicht der Körnchen getrennt wird (l). Während der, theils selbstständigen, theils durch Verschmelzung vermittelten Vergrösserung der Kernbläschen klärt sich ein grosser Theil der Kernkörner zu Elementarkörpern in der Umgebung eines, als Zellkern verbleibenden Kern-

körnchen-Restes (m), worauf die, von den Kernbläschen nach der Peripherie der Kugelhälfte gedrängten Elementarkörper (n unten) in jeder Kugelhälfte zur Cellulosewand sich verbinden (n oben).

Wenn in der dargestellten Weise die junge Pollenzelle sich in zwei Halbkugeln getheilt hat, tritt in jeder dieser letzteren eine zweite Theilung ein, deren Theilungsfläche sich rechtwinklig zur ersten Theilungsfläche stellt. Die Figuren n, o, p zeigen diesen Vorgang. In der oberen Hälfte von n bereitet sich der Zellkern auf die Zweitheilung vor durch eine Kernbläschenfläche, die in o den Zellkern in zwei gleiche Hälften getheilt hat. In jeder dieser Hälften, zwischen der Theilungsfläche und dem Kernkörperchen, entsteht eine zweite, zu bedeutenderer Grösse heranwachsende Kernbläschenschicht, durch deren Erweiterung der Zellkern verlängert und bis in die Ecken der Halbkugel gedrängt wird (o). Es ist dies derselbe Vorgang, den m für die erste Theilung darstellt, nur dass in jenem Falle eine Formänderung und Verlängerung des Zellkerns, wie hier, nicht stattfindet. Wie n für die erste, so zeigt p für die zweite Theilung den ferneren Verlauf der Wandbildung. In der oberen Hälfte liegen die beiden nackten Zellschläuche noch unmittelbar nebeneinander, der centrale Zellkern (links) ist auf dem Wege der Vergrösserung zum Füllkerne, wie ihn die untere Hälfte links ausgebildet enthält, woselbst der einschliessende Zellschlauch zur Cellulosewandung sich ausgebildet hat. Aus diesem Füllkerne entsteht nun ein neuer Zellschlauch im Innern der fertigen Cellulosewandung, entweder durch eine kugelmantelförmige Schicht von Kernbläschen (p unten, rechts) und deren Vergrösserung zu dem in der unteren Hälfte von Fig. n dargestellten Zustande, oder, was häufiger der Fall ist, es bildet sich im Füllkerne nur ein Kernbläschen und vergrössert sich zum Monophysalid, während der neue Zellkern, unter Zerstreuung der übrigen Kernkörnchen im gebildeten Schlauchraume, aus dem Kernkörperchen heranwächst, wie dies Fig. 2 s darstellt.

Neben dieser, im Vorhergehenden dargestellten successiven Zweitheilung besteht nun aber noch eine gleichzeitige Viertheilung, die sogar in manchen Antheren sich häufiger vollzieht als erstere. Nach vollendeter Ausbildung der Special-Mutterzelle ist es der, im Innern derselben lagernde Füllkern, wie solchen Fig. 2 k darstellt, der durch zwei rechtwinklig sich kreuzende Schichten von Kernbläschen in vier gleiche Theile zerfällt, während die den Spaltungsflächen zunächst

liegenden Kernkörner zu Elementarkörpern sich klären, die von Karminlösung nicht mehr gefärbt werden. Diese Klärung schreitet von den Spaltflächen nach der Kugeloberfläche hin allmählig vor, bleibt aber stehen bei einem halbkugelförmigen Complexe unveränderter und durch Karminlösung sich rasch färbender Kernkörner am Aussenrande eines jeden Kugelausschnitts. Fig. 2 q zeigt den Füllkern in diesem Zustande.

In Fig. 2 r ist die Theilung in vier Kugelausschnitte vollendet. In jedem dieser Theile ist der vorher wandständige Zellkern durch ein unter seiner Hüllhaut sich entwickelndes Grossbläschen (Monophysalid) vom Rande ab nach Innen gedrängt und damit die Bildung eines neuen Zellschlauches mit wandständigem Zellkerne vollzogen. Es ist dies ein hübscher Belag für meine Ansicht, dass die Ortsveränderungen des Zellkerns durch Physalidebildung bewirkt werden.

Während die ausserhalb des neuen Zellschlauchs liegenden Elementarkörper zur Cellulosewandung sich gestalten (s), das Kernkörperchen eines jeden Zellschlauches zu einem jungen Zellkerne heranwächst, vertheilen sich die Kernkörnchen des alten Zellkerns im Schlauchraume. Häufig tritt jedoch der Fall ein, dass die Zellschläuche in r, durch Vergrösserung ihrer Zellkerne unter Verdrängung des Bläschenraumes (innerer Schlauchraum, Innenraum, Physalideraum), noch einmal zu Füllkernen heranwachsen (s oben) und dann erst die Schlauchbildung durch einen Monophysalid sich erneuert (s unten, von rechts zu links).

Häufig spalten sich aus der vereinten Füllkernmasse (f) gleichzeitig vier Zellkerne aus, von dem Fig. k—p dargestellten Entwickelungsverlaufe nur darin unterschieden, dass die Fortbildung in allen vier Kugeltheilen eine gleichzeitige und gleichartige ist.

Wenn das Pollenhaus bis zu dieser Entwickelungsstufe sich ausgebildet hat, öffnet jedes Quartier desselben sich auf der Aussenseite durch Resorption der Aussenwandung, um das in ihm gelagerte Pollenkorn auszulassen. Die, Fig. t abgebildeten Wandungen der Special-Mutterzellen liegen dann entleert zwischen den vereinzelten Pollenkörnern, deren Austrittsöffnung in t durch Pfeile angedeutet ist.

Leichteren Verständnisses der Abbildungen wegen habe ich von Fig. l ab bis Fig. s die Wandung der Special-Mutterzelle in die Zeichnungen nicht mit aufgenommen. Auch hier zeigt der Vergleich früherer und

späterer Entwickelungszustände, durch Färbung und starke Pressung unter dem Deckglase, dass die Scheidewände nicht entstanden sind durch Einfaltung, sondern dadurch, dass unmittelbar nach vollendeter Theilung des Zellschlauchs die aus ihm gebildete Cellulosewand mit der Wandung der Mutterzelle innig verwächst. Der in Fig. t bei * gezeichnete Intercellularraum liefert den Beweis, dass die umgebenden Celluloseschichten verschiedenen Ursprungs sind; dass die den Raum nach aussen begrenzenden Schichten allein der Special-Mutterzelle entstammen, während die inneren Grenzschichten von den beiden Tochterschläuchen gebildet wurden. Wären die inneren Scheidewände durch Einfaltung der Mutterzellenwand entstanden, dann müsste, anstatt des Intercellularraumes, eine bis zur Aussengrenze reichende Trennungslinie vorhanden sein.

Es ist bemerkenswerth, dass in der grossen Mehrzahl der Fälle die Scheidewände zweiter Theilung nicht in derselben Ebene liegen, sondern auf die Ebene der zuerst gebildeten, in Fig. t senkrecht gestellten Querscheidewand in gekreuzter Stellung aufstossen.

In den Figuren 2 u—z gebe ich die Entwickelungsfolge des einzelnen, aus dem Gehäuse der Special-Mutterzelle hervorgetretenen Pollenkorns, das nunmehr eine Länge von 0,03 mm. erlangt hat und eine Länge von 0,06 mm. erreicht.

Fig. u zeigt im Innern der Zellwandung den Zellschlauch mit wandständigem Zellkerne und kleinen Stärkekörnchen. In v ist der Zellkern zu bedeutender Grösse herangewachsen und lässt 5—7 Kernkörperchen erkennen, die unter dem Druck auf das Deckglas die Ansicht von Fig. c geben. Der Schlauchraum hat sich bis an die entgegengesetzte Schlauchseite erweitert, hat sich mit dieser in offene Verbindung gesetzt und dadurch den Innenraum in zwei Kammern getheilt, die jedoch nicht immer, wie hier gezeichnet, gleich grosse sondern von verschiedener Grösse sind, je nach verschiedener Lage des Zellkerns im Schlauchraume. Liegt der Zellkern im Schlauchende, dann bleibt auch der Innenraum ungetheilt. In wässriger Karminlösung erhalten sich die verschiedenartigsten Entwickelungszustände stundenlang unverändert.

Durch vermehrte Aufnahme einer wasserklaren Flüssigkeit haben in w die beiden Hälften des Innenraums zu kugligen Blasen sich erweitert, deren Spannkraft erkennbar ist an der, durch sie zusammen

gedrückten Form des zwischen ihnen liegenden Zellkerns. Nicht selten wird dadurch der Zellkern in eine obere und eine untere Hälfte abgeschnürt. Liegt der Zellkern in einem der Enden des Zellschlauchs, dann wird er durch die Turgescenz des ungetheilten Innenraumes zur Meniskenform zusammengedrückt. Es ist dies ein ausserordentlich beweiskräftiges Material für das Vorhandensein einer inneren Schlauchhaut.

Weiterhin (x) sehen wir den Zellkern in zwei Tochterkerne getheilt. Unter fortschreitender Verkleinerung des Blasenraumes (x, y) vergrössert sich in gleichem Maasse der Schlauchraum, bis zu gänzlichem Verschwinden des Innenraumes, durch Vermehrung der schleimig-flüssigen, körnchenreichen Fovilla des Pollenkorns. Die Undurchsichtigkeit dieser letzteren verhindert eine sichere Beobachtung der Zellkerne, deren vermindertes Volumen jedoch auf Mitwirkung bei der Vermehrung der Körnchenmasse hindeutet. In der Mehrzahl der Fälle lässt sich im reifen Pollenkorne nur eine äussere Schlauchhaut des Zellschlauches nachweisen, die mit der Fovilla zugleich auch die beiden Zellkerne einschliesst. Nur in vereinzelten Fällen erkannte ich deutlich einen häutig begrenzten Innenraum, in welchem der eine, zur Trichinenform verlängerte Zellkern lagert, während der zweite, zur Handschuhform umgebildete Zellkern in einer Einstülpung des Schlauchraumes in den Innenraum liegt, wie dies Fig. z darstellt.

Diese Metamorphose der beiden unter tz gezeichneten Zellkerne ist eine sehr eigenthümliche und beachtenswerthe, da sie sich bei den Pollenkörnern der meisten Pflanzen vorfindet. Wenn auch nicht so ausgebildet als bei Tradescantia, fand ich sie bei Campanula, Oenothera, Lilium, Clematis, Allium. Um sie zu sehen, muss man die fast reifen Pollenkörner unter Deckglas in Karminglycerin zerdrücken und das Präparat 12—24 Stunden stehen lassen. In dieser Zeit haben sich die Zellkerne tiefer roth gefärbt als alle übrigen Pollentheile und finden sich nach Verschiedenheit der Druckstärke theils noch im Innern der Pollenkörner in ihrer normalen Lage, theils in der herausgepressten Fovilla. Die Fig. tz gezeichnete, spiralige Aufrollung des fadenförmigen Zellkerns kommt selten vor, meist ist derselbe einfach ringförmig gekrümmt, bis 0,1 mm. lang. Er sowohl wie der handschuhförmige Zellkern bestehen aus Elementarkörpern und sind wahrscheinlich von einer Hüllhaut begrenzt. Zerdrückt man viele Pollenkörner unter Deckglas in Karminwasser, dann tritt auf Kosten der

Länge eine Erweiterung des Fadens allmählig ein, bis, ungefähr nach einer Viertelstunde, die ursprüngliche, sphärische Zellkernform wieder hergestellt ist, wie diese Fig. no kurz vor ihrer Vollendung zeigt.*)

Es ist gewiss sehr verführerisch, den Pollenfaden mit den bei phänogamen Pflanzen noch nicht aufgefundenen Sperma-Elementen in Beziehung zu bringen; es liegt mir aber bis jetzt ein Grund dazu nicht vor. Ich finde den Faden ausnahmsweise und verkleinert noch im Pollen auf der Narbe, der schon Schläuche getrieben hat, und möchte ihm die Function während der Schlauchbildung fortdauernder Vermehrung der Elementarkörper zuschreiben.

Zerdrückt man nahezu reife Pollenkörner unter Deckglas in Karminglycerin, dann färbt sich auch die herausgepresste, am stäubenden Pollenkorne trockene, fast spröde Fovilla in 10—12 Stunden tief roth. Setzt man dann ein wenig Jodglycerin zum Objecte, so erkennt man, dass, abgesehen von den in ihr enthaltenen Mehlkörpern, die Fovilla aus Elementarkörpern besteht, gleich den zu Fig. 2 d gezeichneten. Das centrale Kügelchen ist scharf begrenzt und bleibt, wie mir scheint, ungefärbt. Der ziemlich breite, ungefärbte Ring um das Centralkügelchen ist begrenzt von einer nicht scharf contourirten, roth gefärbten Schicht, die mit der ihrer Nachbarkörper wie verflossen erscheint. Gewiss sind diese, hier die ansehnliche Grösse von 0,004 mm. erreichenden Körper dem Kernkörperchen des Zellkerns nahe verwandt, vielleicht nur ihrer physiologischen Bedeutung nach verschieden.

Schon bald nach der Isolirung erhält auch das Pollenkorn von Tradescantia auf seiner convexen Seite eine warzige Aussenfläche seiner Wandung. Ich vermag es nicht zu bestätigen, dass dies durch Excretion geschieht. Ganz gewiss ist es keine neue Schichtung, welche die vorgebildete Zellwandung überlagert, sondern es sind die molecularen Theile dieser letzteren, die sich umlagern und zu den regelmässig geordneten Warzen, Leisten, Spitzen sich gruppiren. In y habe ich darzustellen versucht, wie sich an der convexen Seite des Pollenkorns für diesen Vorgang die beiden Häute der Cellulosewandung von einander trennen, durch Lösung der sogenannten Cuticular-Sub-

*) Es ist eine für mikrochemische Untersuchungen sehr beachtenswerthe Thatsache, dass wässrige Jodlösung, die hier die Fadenform unverändert lässt, ganz anders wirkt als wässrige Karminlösung, wohl nur aus dem Grunde, weil die geringste Menge von Jod als Pflanzengift wirksam ist.

stanz, während an der geradflächigen Seite des Pollen die Wandung sich unverändert erhält. Unter g habe ich dieses durch vergrösserte Zeichnung deutlicher zu machen gesucht. Die Contoure des unteren geradflächigen Theils der Wandung setzen sich nach wie vor auf die in der Warzenbildung begriffene und während dessen erweiterte Aussenseite des Pollenkorns fort.

3. Der Füllkern des Knospenwärzchens und der Markstrahlen.

Es sind im Allgemeinen dieselben Erscheinungen der Theilung und Fortbildung des jugendlichsten Zellgewebes: successive oder gleichzeitig mehrfache, geradflächige, meniskenförmige oder kugelmantelförmige Ausspaltung eines neuen Zellkerns aus der Füllkern-Masse, mit oder ohne gleichzeitige Fortbildung des Kernkörperchens zum Zellkerne; Zellschlauchbildung durch Vergrösserung eines oder mehrerer Kernbläschen; Zellwandbildung zwischen dem oder den Kernbläschen und der Hüllhaut des Füllkerns aus den Elementarkörpern desselben, welche, wie in den vorhergehend geschilderten Fällen, so auch im terminalen Theilungsgewebe des aufsteigenden, im subterminalen Theilungsgewebe des absteigenden Stockes und im lateralen Theilungsgewebe der Markstrahlen stattfinden. Ich habe hier daher nur einiger Entwickelungserscheinungen zu erwähnen, für welche die vorhergehend aufgeführten Objecte keine oder nicht so leicht zu controlirende Beläge darbieten. Es gehören dahin:

1. Zellkernbildung durch Randbläschen des Füllkerns.

Der Same von Vicia Faba, $1/4$—$1/2$ Zoll lang gekeimt, die Keime zum besseren Eindringen der Karminlösung durch einen Längsschnitt halbirt und in wässriger Karminlösung gekocht, dann die Spitze der Plumula unter Deckglas in Karminglycerin zerdrückt, zeigt die in Fig. 3 a—e dargestellten Füllkerne, deren Entwickelungseigenthümlichkeit darin besteht: 1. dass die Kernbläschen hier am Rande des Füllkerns sich bilden (a) und durch ihre Vergrösserung und Canalisirung zwischen sich und der Hüllhaut des Füllkerns den Zellschlauch und endlich eine neue Zellwandung bilden, andererseits den aus dem Kernkörperchen verjüngten Zellkern im Mittelpunkt des entstandenen Zellraumes festhalten (b); 2. dass die Fälle nicht selten sind, in denen neben dieser Bildung von Randbläschen gleichzeitig noch mehrere kugelmantelförmige Ausspaltungen stattfinden (c, d), durch welche gleich-

zeitig mehrere ineinander geschachtelte Zellschläuche sich bilden; 3. dass endlich in manchen Füllkernen eine Mehrzahl von Kernkörperchen mit der sie zunächst umgebenden Füllkernmasse sich von einander trennen und zu neuen Füllkernen werden (e).

Die grosse Saubohne unserer Gärten empfiehlt sich dadurch für controlirende Untersuchungen, dass sie zu jeder Jahreszeit aus Samenhandlungen zu beziehen ist und in wenigen Tagen zum Keimen gebracht werden kann. Ich erinnere aber nochmals daran, dass die an den Samenlappen abgeschnittenen halbirten Keime vor weiterer Zerlegung in Karminwasser gekocht werden müssen. Nirgends erkennt man dann so schön wie hier die Ausspaltungen durch Kernbläschen, die Theilung der Kernkörperchen und die Bildung neuer Zellkerne aus ihnen im Innern des Mutterkerns, wie ich solche schon in meiner Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims Taf. I Fig. 34—39 dargestellt habe.

2. Wiederholte Füllkerntheilung in demselben Zellschlauche.

In der Regel folgt jeder Füllkerntheilung unmittelbar die Schlauch- und Zellwandbildung, abgesehen vom Verhalten der permanenten Mutterkerne (Fig. 1 a). Die Fälle einer wiederholten Füllkerntheilung in demselben Zellschlauche sind selten und treten auch da wo sie vorkommen nie allein, sondern neben der normalen Entwickelungsfolge auf. So verhält es sich z. B. in den Oberhautzellen junger Blätter von Narcyssus. Der Füllkern (Fig. 4 a) mit einfachem Kernkörperchen, nachdem letzteres zur Zweitheilung geschritten ist, erleidet zwischen den beiden Kernkörperchen die Theilung durch eine Kernbläschenschicht in gewöhnlicher Weise, während gleichzeitig die Kernkörnchen an beiden Enden des verlängerten Füllkerns sich klären (b). In Fig. c hat die Klärung der Füllkörner auch zwischen den beiden getheilten Füllkernmassen zugenommen, jede der letzteren hat zu einem Zellkern sich abgeschlossen, der nach Theilung seines Kernkörperchens sich von neuem theilt. Auf diesem Wege entstehen in demselben einhäutigen Zellschlauche vier Zellkerne (d), von denen jeder noch einmal sich theilen kann, ehe jeder dieser Zellkerne zur Schlauch- und Wandungsbildung fortschreitet.

3. Fadenbildung im Innern des Zellkerns. Bereits in meiner Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims habe ich darauf aufmerksam gemacht, dass in nicht seltenen Fällen die Kernkörnchen noch inner-

halb des Zellkerns zu Fäden sich verlängern, die sich in vielfachen unregelmässigen Krümmungen neben einander fügen (Fig. 5 a).*) Ich habe schon dort die Vermuthung ausgesprochen, dass diese Umbildung der Kernkörnchen in Beziehung stehe zur Bildung der Cellulosewandung zwischen äusserer und innerer Schlauchhaut. Besonders häufig in Zellen junger Blätter von Lilium bulbiferum habe ich in neuerer Zeit diese Bildungen wieder aufgefunden, theils in regelmässig spiraliger Anordnung von nur einem oder von mehreren Fäden (Fig. 5 b) oder in verästelten Formen (c, d). Auch in jungen Blättern von Vicia Faba und in jungen Trieben von Pinus Laricio habe ich sie aufgefunden, doch kommen sie überall zu vereinzelt vor, als dass ich einen besonderen Werth darauf legen möchte.

Fig. 5 e zeigt die Form des Stärkemehl bildenden Zellkerns aus den Zellen ganz junger, noch in die Zwiebel eingeschlossener Blumenschäfte der Hyacinthe.

In der Einleitung zu dieser Abhandlung habe ich die Ansicht ausgesprochen, dass in Bezug auf Bildung und Bedeutung des Zellkerns der thierische Körper dem Pflanzenkörper gleichstehe. Es erstreckt sich dies sogar bis auf das Verhalten des Zellkerns als Füllkern, und möge es mir gestattet sein, hierüber Einiges aus dem Bereich meiner entomologischen Studien im Dienste vergleichender Histologie mitzutheilen.

4. Ueber den Füllkern des Eierstocks und der Samengefässe bei den Insecten.

a) Entwickelung des Insecteneies.

In den schlauchförmigen Eierstöcken der Insecten entwickeln sich die Eikeime nicht gleichzeitig, sondern bis zu einem gewissen Zeitpunkt der Reife successiv so, dass in der Spitze des Schlauchs die Anfänge des Eies, am Ausgange des Schlauches die nahezu fertigen Eier lagern. Die in einfachen Reihen geordneten Eikeime jedes

*) Entwickelungsgesch. Taf. I, Fig. 76, Fig. 82—84.

Schlauches lassen daher keinen Zweifel über die Entwickelungsfolge, zeigen alle Entwickelungszustände an demselben Objecte und selbst die jüngsten in bedeutenderen Grössen als bei den Pflanzen. Dazu gesellt sich der Umstand, dass der Zellkern genau dasselbe Verhalten zu Farbstofflösungen zeigt wie der Zellkern der Pflanzen, so dass auch hier Karminlösungen unentbehrliche und sichere Führer bei den Untersuchungen sind.

Aus der grossen Verschiedenheit der Entwickelungsweise des Eies in den verschiedenen Insectenordnungen vermag ich hier nur das Allgemeine hervorzuheben und muss mich auf die Bemerkung beschränken, dass Wasserjungfern und Heuschrecken das geeignetste Material zu Untersuchungen hergeben, die einfach darin bestehen, dass die leicht zu isolirenden Eierstöcke unter Deckglas mit wässriger Karminlösung in Berührung gebracht werden.

Die gegebenen Abbildungen sind meinen hymenopterologischen Arbeiten, im Speciellen den Gattungen Cynips und Ichneumon entnommen, bis auf Fig. 6 i aus Pontia brassicae, und zeigen nur den schliesslich zum Ei werdenden Körper.

Fig. 6 a—f zeigt die Entwickelung des einfachen Kernkörperchens zum Zellkerne. Im Kügelchen (a) zeigt sich zunächst ein dunklerer Centralkörper (b), um den sich wie bei den Pflanzen ein lichter, d. h. vom Karmin nicht gefärbter Hof bildet (c), worauf die ausserhalb des Hofes liegenden Kerntheile sich in Kernkörnchen theilen (Furchung), zunächst in eine einfache Körnerschicht (d), deren fortgesetzte Theilung und Wachsthum der Tochterkörnchen zur Grösse der Mutterkörner endlich, durch e, den Zellkern (f) bildet, der aus dem Kernkörperchen im lichten Hofe, aus den Kernkörnern und aus einer Hüllhaut besteht, deren Vorhandensein auch hier die durch gegenseitigen Druck nicht selten polyedrische Form der Kernkörner (wie auch des Kernkörperchens) beweist.

Zellkerntheilungen kommen hier nur in den frühesten Entwickelungsstadien, also nur in der Spitze der Eischläuche vor, besonders schön bei Pontia brassicae. Wie bei den Pflanzen geht ihnen eine Kernkörperchentheilung vorher (Fig. 2 c kann auch hierfür als Abbildung dienen), worauf sich aus jedem der beiden Kernkörperchen gleichzeitig ein neuer Zellkern bildet, wie dies das obere Feld von Fig. 3 e darstellt.

Durch Bildung von Kernbläschen aus Kernkörnern des Randes (Fig. 6 g) entsteht der Zellschlauch mit intracellularem Schlauchsafte, während das Kernkörperchen zu einem secundären Zellkerne sich entwickelt (h, i, k).

Von hier ab tritt nun bei verschiedenen Insecten-Ordnungen ein zweifach verschiedener Entwickelungsverlauf ein.

Bei den Geradflüglern, den Netzflüglern und den Saugern ist es der ganze, nackte Zellschlauch (h), der durch die Entwickelungsstadien k—p zum Eie sich ausbildet. Ich habe dies das Einkammersystem genannt. Bei den Schmetterlingen, Fliegen und den wespenartigen Insecten hingegen ist es nur der secundäre Zellkern (Fig. i unten), der durch k—p zur Zelle erwächst, während alle übrigen Theile des primitiven Zellschlauchs (i) zu einem, zwischen je zweien Eizellen liegenden Zellencomplexe erwachsen, dessen Bestimmung die Bildung von Reservestoffen für die Ernährung des Eies ist, da gegen das Ende der Eibildung die sehr dickwandigen, bei Pontia brassicae deutlich getüpfelten Zellen resorbirt werden. Ich habe dies das Zweikammersystem der Eibildung genannt.

Einestheils durch die Vergrösserung des secundären Zellkerns (l), anderentheils durch Vermehrung des Schlauchsafts werden nun die in k sehr grossen Physalideräume verkleinert und verschwinden endlich ganz (m), während die äusserste Körnerschicht (l) zur Wandbildung schreitet (m). Der ausgewachsene Zellkern bildet darauf durch Entstehung und Vergrösserung sich bildender Randbläschen einen neuen Zellschlauch im Innern der Eiwandung (m, n), dessen in n sehr grosse Physalideräume durch die Vermehrung und Vergrösserung der Schlauchsaftkörner verkleinert (o) und endlich ganz verdrängt werden (p), während der in n heranwachsende Zellkern unter Physalidebildung noch einmal aus dem Kernkörperchen sich verjüngt (o), ein Vorgang, den ich nur bei Hemerobius Perla beobachten konnte, da durch die dicht gedrängte Menge der trüben Körner das Ei jetzt seine Durchsichtigkeit verliert. Vergebens habe ich mich bis jetzt bemüht im fertigen Insecteneie (p)*) etwas anderes aufzufinden als diese trübe Körnermasse und ich vermuthe, dass der Keim des künftigen Embryo

*) In p habe ich eine Lederhaut als äussere Hülle mitgezeichnet, die dem Eierschlauche entstammt und vor dem Ablegen der Eier resorbirt wird.

als Kernkörperchen zwischen der Körnermasse verbleibe und sich durch seine geringe Grösse der Beobachtung entzieht.

b) Entwickelung der Sperma-Zelle und der Sperma-Körper.

Die ersten Entwickelungsstufen der Sperma-Zelle sind von denen der Eizelle in nichts verschieden. Fig. 6 a—d gilt auch für die Spermazelle. Von da ab verschwindet aber das durch einen Lichtsaum gesonderte Kernkörperchen für einige Zeit der Beobachtung, die gleichgebildeten Kernkörnchen nehmen zu einander die Stellung der Zellen parenchymatischen Gewebes ein und platten sich durch gegenseitigen Druck, wie diese, zu polyedrischen Formen. Fig. 7 a—d zeigt die Entwickelung dieser Elementarkörner zu Füllkernen, nachdem jedes derselben sich eine Zellwandung gebildet hat, die, anfänglich verhältnissmässig dick, später zu fast unmessbarer Dicke schwinden (Fig. e).

Hat sich auf diese Weise in jeder Hodenzelle ein vielkammeriges Zellgewebe gebildet, dessen zartwandige Zellen jede einen normalen Füllkern enthält (e), dann entwickelt jeder dieser Füllkerne einen Monophysalid, durch dessen bedeutende Vergrösserung die Körner des nun zum Zellschlauche umgebildeten Zellkerns meniskenförmig nach einer Seite des Schlauches hingedrängt werden. Diese Körner sind es, welche in der Fig. g—n dargestellten Weise zu den Spermafäden sich ausbilden.

Fig. 7 f habe ich eine dieser Spermazellen aus den Hoden von Naucoris abgebildet. Die noch im Schlauchraume liegenden Köpfe der Spermafäden wachsen zu grosser Länge in den inneren Schlauchraum hinein und legen sich hier zu vielfadigen Strängen zusammen, woraus jene spiralige Aufdockung der Fadenbündel hervorgeht, wie solche auch den Schmetterlingen, Käfern, vielen Netzflüglern und Fliegen eigenthümlich ist. Bei Acrydium ist die ursprüngliche Vereinigung der Spermaelemente eine pinselförmige, bei Tettigonia sehr zierlich traubenförmig. Bei den mückenartigen Dipteren, bei den Hymenopteren, den Libellen und einigen Orthopteren hingegen entwickelt sich jede Spermazelle vereinzelt, wie dies Fig. 7 o aus Sciara Thomae, Fig. 8 aus Locusta viridissima, Fig. 9 aus Acrydium (woselbst zugleich auch Spermabündel vorhanden sind), Fig. 10 aus der zweigeschlechtigen Cynips baccarum darstellt.

Die grössten Spermazellen besitzt Sciara Thomae (Fig. 7 o). Bis zu einem Durchmesser von 0,04 mm. gross, hat der Spiralfaden selbst eine Dicke von 0,002 mm. Zu jeder Zeit und noch im Innern des Samengefässes sah ich das eine Ende des Fadens gelöst, bei Behandlung mit Jodglycerin buchtig gekerbt und die Buchten hier und da mit kleinen Bläschen besetzt, wie dies die Abbildung zeigt. Das entgegengesetzte Ende des Fadens setzt sich nicht selten ins Innere der Spermazelle fort und bildet dort noch ein oder zwei Fadenknäule. Beim Zerreissen der Zellhaut bei Streckung des Fadens zeigt Jodglycerin an letzterem lappige Reste der zerrissenen Verbindungshaut. Sehr wahrscheinlich ist daher der Spiralfaden in der Zelle durch eine Bindehaut zusammengehalten, die aber eine zweite, innere sein muss, da die äussere Haut nicht selten beutelförmig über die Grenze der Spiralfaserwindungen hinaus erweitert ist, wie solches Fig. 7 o andeutet. Bei den Geradflüglern ist der Spiralfaden in der Zelle winklig geknickt (Fig. 8, 9).

Ohne Zweifel ist die Uebereinstimmung dieser mit den Spiralfaserzellen und den Spermazellen der Pflanzen eine sehr grosse in Bezug auf Bau und Herkunft.*) Ich erlaube mir, auf meine Arbeit in der Bot. Zeitung 1855, pag. 483, Taf. IV, Fig. X 1—10 zu verweisen, deren Schacht in seiner Schrift über die Spermatozoiden des Pflanzenreichs (1864) nicht erwähnt.

Bei den Insecten ist die Bewegung der Spermazellen eine doppelte, und zwar eine rotirende der ganzen Zelle und eine Wellenbewegung des Fadens. Die rotirende Bewegung sah ich noch an den, in ihrer Form unveränderten Spermazellen im receptaculum seminis der Weibchen von Cynips baccarum, Sciara, Pontia. Im Wasser des Objectträgers sieht man die Wellenbewegung des Fadens am schönsten bei Sciara, während die kuglige Zelle, unter Verlust der rotirenden Bewegung, sich zu 3—4fach grösserer Länge streckt. Diese Bewegung schreitet langsam im Faden fort und ist meist nur auf einzelne

*) Es ist dies, wie mich neuere Untersuchungen überzeugt haben, nicht der Fall in Bezug auf die Tracheen der Insecten und die Spiralgefässe der Pflanzen, so gross die Aehnlichkeit beider auf den ersten Blick ist, dass selbst Lyonet sich zum Zeichnen eines abgerollten Fadens verleiten liess. Der scheinbar spiralige Bau der Tracheen beruht auf Ein- und Ausfaltung einer gleichdicken Haut, gleich dem Leder einer Wachtelpfeife oder eines Blasebalgs.

Strecken desselben beschränkt. Mit dem endlichen Zerreissen der Hüllhaut und Streckung, selbst der winkligen Spirale zum geraden Faden, hört jede Bewegung auf.

Eine selbstständige Ortsveränderung der Spermaelemente, wie solche denen der Pflanzen und der höheren Thierklassen eigenthümlich ist, habe ich bei den Insecten bis jetzt nicht gesehen. Weitere Vergleiche ergeben: dass den Spermaelementen der Insecten das bleibend verdickte Kopfende des Sperma der höheren Thierklassen fehlt, dass sie hierin denen der Pflanzen näher stehen. Der gestreckte Spermafaden zweigeschlechtiger Gallwespen (Theras, Trigonanpis, Synergus etc.), vor der Streckung gleich Fig. 7 n, zeigt nach der Streckung (Fig. 10) einen dickeren Stiel und ein dünneres, mitunter gabelförmig getheiltes, an der Spitze zurückgebogenes Geisselende, das an die Cilien des Pflanzensperma erinnert Bei den Pflanzen entsteht aus jedem Füllkerne nur ein Spermaelement, bei den Insecten sehr viele derselben (Fig. 7 e f).

Trotz aller Bemühungen habe ich das Eindringen von Sperma in eine Mikropyle des Insecteneies bis jetzt nicht zu Gesicht bekommen. Es setzt dieser Act eine schliesslich eintretende, selbstständige Ortsveränderung der Spermafäden voraus. Auffallend ist es, dass ich solche auch im receptaculum seminis begatteter Insectenweibchen nicht sah, die im Ablegen der Eier begriffen waren.

Bei den Untersuchungen, aus denen die vorstehend verzeichneten Resultate hervorgingen, wie überhaupt, ist mir bis jetzt noch keine Thatsache zur Anschauung gelangt, die auch nur eine Hindeutung enthalten hätte auf die Entstehung organisirter Körper aus dem, was ich den Schlauchsaft (Ptychodesaft) genannt habe, was vorherrschend Protoplasma genannt wird. In allen, auch den schwierigsten Fällen gelang es mir, mit Hülfe des einen oder des anderen physicalischen oder chemischen Prüfungsmittels, den Ursprung organisirter Körper auf einen organisirten Mutterkörper zurückzuführen, der bei allen höheren und vielen niederen Pflanzen der Zellkern ist, ein Körper, der in sich selbst, durch Wachsthum seiner körnigen Zusammensetzungstheile, die Bildungsflüssigkeit erst zur Gestaltung bringen muss, ehe Organisirtes daraus entstehen kann, das dann, nach seiner Trennung vom Mutterkörper, die mannigfaltigsten Form- und Stoffwand-

lungen erleidet, wie ich solches in einer Metamorphosenlehre der Elementarorgane nachweisen werde, zu der meine Schrift „Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims" und der erste Band, 10. Aufl. des Lehrbuchs für Förster, sowie meine Forstbotanik das Material enthalten. In der zweiten Abtheilung vorliegender Abhandlung werde ich aber noch weitere Beläge beibringen: dass die festen, in der unverletzten Zelle nie farbenspeichernden Bestandtheile des an sich wässrigen Schlauchsaftes nicht den Zellkern bilden, sondern Producte des Zellkerns sind; dass der Zellschlauch nicht allein aus einer äusseren, sondern aus zwei ineinandergeschachtelten Schlauchhäuten besteht, deren innere den Schlauchsaft vom Zellsaft fortdauernd scheidet.

Zweite Abtheilung.

Der Diaphragma-bildende Zellkern.

In allen mehr als einzelligen Pflanzen theilt sich nicht die ganze Zelle, sondern nur der Zellschlauch. Die Wandung der Urzelle erhält sich mehr oder weniger lange Zeit lebendig und, wie Pollenschlauch und Embryo ernährt von den anliegenden Zellen, fortwachsend als Oberhaut der Zellenfamilie.*)

Findet die Theilung des primitiven Zellschlauchs stets nur in ein und derselben Theilungsrichtung statt, so entsteht daraus die Zellenlinie, der Zellenfaden. Aus zwei Theilungsrichtungen in derselben Ebene geht die Zellenfläche hervor; drei Theilungsrichtungen, parallel und rechtwinklig zur Längenachse der Urzelle, bilden den Zellenkörper.

---

*) Gegen diese, von mir schon im Jahre 1843 ausgesprochene Deutung der Oberhaut wurde von Schleiden der Einwand erhoben, dass, da der Oberhaut Assimilations-Organe fehlen, ein selbstständiges Fortwachsen derselben nicht möglich sei. Indess, wenn der Pollenschlauch, der keimende Nadelholz-Embryo thatsächlich von aussen her durch Zellen ernährt werden, mit denen beide in keinem organischen Zusammenhange stehen, warum sollte da nicht die Cuticula durch die ihrer Innenseite anliegenden Zellen ernährt werden können? Dass eine gemeinschaftliche Oberhaut schon im jugendlichsten Zustande des Embryo vorhanden, ist keinem Zweifel unterworfen

Die Gestalt des Zellenkörpers ist abhängig vom Tempo der Zellentheilung. Gleiche Theilungsgeschwindigkeit in jeder Theilungsrichtung hat die Kugelform, ungleiche Theilungsgeschwindigkeit, vorherrschend in der Richtung der Querachse, hat die Scheibenform, vorherrschend in der Längenachse der Urzelle hat sie die Stengelform im Gefolge. Oertlich gesteigertes Tempo der Zellenmehrung bildet den Keim der Blätter und der Seitenknospen am Körper der Pflanze.

Den Längen- und den Querachsen fortdauernd parallele Theilungsrichtung bildet die Zellenpflanze. Tritt dazu örtlich eine diagonale Theilungsrichtung *), so entsteht daraus die Grundlage von Gefässbündeln — die Gefässpflanze. Jede Pflanze ist ursprünglich Zellenpflanze; erst im Verlauf der Entwickelung wird sie zur Gefässpflanze wo dies überhaupt in der Pflanzenart begründet ist.

Im Zellgewebe der Rinde und der Rinde-Markstrahlen glattborkiger Bäume, z. B. der Rothbuche, erhält sich die Theilungsfähigkeit der Zellen bis in's höchste Alter des Baumes. Das ist auch der Fall bei den permanenten Mutterzellen des Cambium und der Korkschichten**), sowie im Zellgewebe der schlafenden Augen.***) Indess sind dies doch nur vereinzelte Ausnahmen von der Regel, derzufolge die Mehrungsfähigkeit der Zellen durch Selbsttheilung sich auf den jugendlichen Zustand derselben beschränkt und schon vor dem Eintritt vollständiger Ausbildung für immer erlischt, abgesehen von Reproductions-Erscheinungen.

Im Zellenfaden sind die mittleren Zellen die ältesten, ausgebildeten, mit erloschener Theilungsfähigkeit. Sie bilden einen Stock, von dem aus das Tempo der Theilungsgeschwindigkeit nach zwei entgegengesetzten Richtungen im Verhältniss des abnehmenden Alters der Zellen zunimmt, sein Maximum in den Endzellen des Fadens erreichend. In dem Maasse, als in den Endzellen das Zeitmaass der Theilungswiederkehr kürzer ist als das Zeitmaass des Wachsens der Tochterzellen zur endlichen Grösse, bleiben die Endzellen stets auf einer früheren Stufe der Ausbildung und erreichen nie ihre volle Grösse.

*) Lehrb. für Förster, 10. Aufl., Bd. I, pag. 207—209, Fig. 19—20.
**) Lehrb. für Förster, Bd. I, p. 212, Fig. 22—24; p. 265, Fig. 38—40.
***) Lehrb. p. 176—183, Fig. 12—14.

Das ist der Fall auch im aufsteigenden und im absteigenden Knospenwärzchen des Stengels, dessen Zellgewebe, in dieser Hinsicht, als ein Verein von nebeneinanderliegenden Zellenfäden betrachtet werden kann.

Hier ist es, wo die Zellengrösse nie die Grösse des ihr angehörenden Zellkerns wesentlich übersteigt, wo letzterer, wie ich in der vorhergehenden Abtheilung zeigte, den Zellraum ganz oder beinahe erfüllt, wo er als Füllkern auftritt.

Die Zellentheilung ist aber nicht auf diese jüngsten, äussersten Theile des Stengels beschränkt, sie findet bis zu einem gewissen Alter auch noch in den grösseren und weiter ausgebildeten Zellen statt, theils durch Abschnürung, theils durch Bildung einer Scheidewand im Innern der Mutterzelle, und diese letztere Art der Zellenmehrung ist es, über die ich in Nachfolgendem meine Erfahrungen mittheilen werde.

Ehe ich dazu schreite, muss ich zuvor einen, für meine Darstellung wichtigen Punkt besprechen. Es ist das die Existenz einer zweiten, **inneren** Schlauchhaut des Zellschlauchs.

Die Existenz einer äusseren Schlauchhaut, durch welche der Zelleninhalt von der Cellulosewandung der Zelle gesondert ist, wird jetzt wohl von der grossen Mehrzahl der Arbeiter am Mikroskope anerkannt sein, wenn auch nur als eine äussere Erstarrungsschicht des Protoplasma, die später zur innersten, jüngsten Celluloseschicht sich umbilde, obgleich ich nachgewiesen habe: dass diese, an sich wasserklare, aber mit einer grossen Zahl kleiner, durch Jod sich braun färbender Körnchen verschmolzene Haut ein ganz anderes Verhalten zu den kräftigsten Agentien zeige, als selbst die jüngsten Celluloseschichten; dass sie sich wesentlich und fortdauernd von diesen unterscheide durch ihre relative Unempfindlichkeit gegen Schwefelsäure, Löslichkeit in Salpetersäure; dass Häute gleicher Art die Cellulosewandung äusserlich und innerhalb bekleiden; dass die Hüllhaut des Zellkerns und die Physalidehaut ihr vollkommen gleich sind; dass alle diese Häute, bis zur vollkommenen Lösung unter entsprechenden Reagentien, zusammenhängende, zarte Flächen bilden, während die Celluloseschichten spiralig zusammengelegten Bändern (Astathebändern) angehören, die sich durch Behandlung mit Salpetersäure und Aether in Primitivschichten, Primitivfasern und endlich in Primitivkügelchen zerlegen lassen.

Demgemäss habe ich Zellhäute und Wandungsstoff (Celluloseschichten) von einander unterschieden. Beide sind nicht allein genetisch, sondern auch fortdauernd anatomisch wie chemisch von einander unterscheidbar.

Dagegen hat die Existenz einer zweiten, inneren Schlauchhaut noch nirgends Anerkennung gefunden, obgleich ihr Vorhandensein die physiologische Bedeutung des Zellschlauchs darin begründet, dass sie einen inneren, wasserklaren, oft gefärbten Zellsaft von dem stets ungefärbten, trüben und körnerreichen Schlauchsaft scheidet. Welches die Herkunft dieser Häute sei, habe ich bereits in der vorhergehenden Abtheilung dieser Abhandlung erörtert. Die äussere Schlauchhaut ist die erweiterte Hüllhaut des Zellkerns, die innere Schlauchhaut ist die Haut eines, im Innern des Zellkerns sich aus einem Kernkörnchen bildenden Kernbläschens. Es sind die übrigen Bestandtheile des Zellkerns, welche sich in dem Raum zwischen beiden Häuten und in dessen Schlauchsaft vertheilen, während der Inhalt des oder der Kernbläschen zum Gehalt des Innenraums der Zelle, zum Zellsafte wird.

Optische Verhältnisse sind die Ursache, wenn in der Mehrzahl der Fälle die innere Schlauchhaut der Beobachtung weniger zugänglich ist als die äussere Schlauchhaut. Sie ist überhaupt nur zu unterscheiden in der optischen Querfläche unverletzter Zellen, an denen sie undeutlich wird, einestheils durch die, zwischen ihr und dem Auge befindliche äussere Schlauchhaut, anderentheils durch den trüben Inhalt des Schlauchraumes. Wo letzterer in geringen Mengen vorhanden ist, oder, durch die Turgescenz der Blasen, auf beschränkte Orte des Schlauchraumes verdrängt wird, da legen sich an allen übrigen Flächen die beiden ineinandergeschachtelten Häute dicht aneinander und erscheinen dann dem Beobachter als nur eine Haut.

Indess giebt es doch eine Menge Fälle, in denen auch die innere Schlauchhaut der directen Beobachtung zugänglich ist. Ueberall, wo ein grosser Zellkern sie von der äusseren Schlauchhaut abhebt, zeigt sie sich als eine, den Zellkern nach innen überdeckende und vom Innenraum der Zelle abgrenzende, scharf contourirte Linie. Schon Schleiden hat sie so gesehen und Taf. I, Fig. 6 seiner Grundzüge annähernd richtig gezeichnet, wenn auch nicht in meinem Sinne gedeutet.

Bestimmter und ihrem ganzen Umfange nach erkennbar tritt sie

da hervor, wo ungewöhnlich grosse Mengen von Schlauchsaft sie in weitem Abstande erhalten von der äusseren Schlauchhaut. Das ist in ausgezeichneter Weise der Fall in den sehr grossen Pollenkörnern von Fritillaria vor deren Reife, die zugleich treffliche Bilder vollkommener Wandungszellen sind, zur Zeit, wann der Blumenstengel 6—8 Centimeter aus dem Boden hervorgewachsen ist. Das Pollenkorn misst dann durchschnittlich 0,08 mm. im Durchmesser und zeigt eine doppelt contourirte Cellulosewand als äussere Hülle, darin den Zellschlauch, dessen Aussenhaut allein später zum Pollenschlauche sich erweitert. Die innere Schlauchhaut umschliesst einen wasserklaren, körnerfreien, ungefärbten Physalidesaft (Saft des inneren Zellraumes), während der Raum zwischen den beiden Schlauchhäuten, mit einer ebenfalls wasserklaren, aber durch grosse Mengen kleiner Körner getrübten Flüssigkeit erfüllt, zugleich den ungewöhnlich grossen Zellkern enthält, der bis auf den, die beiden Kernkörperchen umgebenden Hof, in dem unverletzten Pollenkorne allein den Farbstoff umgebender Karminlösung aufnimmt.

In den Wurzelspitzen der Liliaceen sind die Raphidezellen, die höher hinauf zu den Raphide enthaltenden Milchsaftgefässen untereinander verwachsen, reihenweise übereinanderstehend, noch vereinzelt. Die innere Schlauchhaut dieser Zellen ist es, welche das Raphidebündel einschliesst und vom reichlichen Schlauchsafte trennt (Taf. XIX Fig. 35), der einen grossen Zellkern umspült.

Krystalle anorganischer Basis kommen überhaupt nie im Schlauchsafte, sondern stets nur im Safte des inneren Zellenraumes oder der einzelnen Physalide vor.*) Kleine Krystalle oxalsauren Kalkes sieht

*) Abgesehen von einigen Ausnahmen, in denen der Zellkern selbst, durch reichliche Aufnahme pflanzensaurer Salze, gewissermaassen versteinert. Einen interessanten Fall dieser Art zeichne ich Taf. XIX, Fig. 34 aus den ungefärbten Streifen des Kelchblattes von Erodium. Die Zellkerne selbst sind hier, von ihrem ersten Auftreten an der Basis der Kelchblätter, krystallinisch körnig und die sie einschliessende Zellwandung ist und bleibt körnig; gleichviel, ob sie nur aus einer oder aus mehreren ineinandergeschachtelten Schichten besteht. Mit Schwefelsäure behandelt, treten an die Stelle der Zellkerne nicht allein, sondern auch der Wandungsschichten Gypskrystalle. Bei einer durch Glycerin verzögerten Einwirkung der Schwefelsäure sieht man jedes Wandungskorn sich strecken und zum Krystalle umbilden. Das ist nicht mehr der Fall nach längerem Kochen der Kelchblätter in Wasser, ohne Zweifel durch Aus-

man nicht selten an der Aussenfläche sogenannter Protoplasma-Fäden haften. Sie nehmen nie an der Bewegung des Schlauchsaftes Theil und es beruht auf einer leicht erklärbaren optischen Täuschung, wenn sie in das Innere des strömenden Schlauchsaftes hineingezeichnet wurden.

In den Blättern junger Triebe von Paeonia enthält der Innenraum der Oberhaut-Blattzellen einen tiefroth gefärbten, consistenten Saft. Nicht selten ist hier der Schlauchraum in den Innenraum der Zelle eingestülpt, der eingestülpte Raum durch seinen farblosen Saft, dessen Gehalt an Grünmehl und Zellkern, sowie durch seinen Zusammenhang mit dem äusseren Schlauchraume und die scharfe, bleibende Grenzlinie zwischen Innenraum und Schlauchraum (Taf. XIX, Fig. 36) ein guter Belag für die Existenz einer inneren Schlauchhaut. Dunkel gefärbte Blumenblätter, die jungen Blätter und die Staubfadenhaare von Tradescantia (Entwickelungsgesch. d. Pflk., Seite 26, Taf. III, Fig. 23) liefern ähnliche Beläge.

Fälle, in denen die innere Schlauchhaut so dick ist, dass sie mit doppelten Contouren sich darstellt, gehören zu den Seltenheiten. Ich zeichne einen solchen Fall aus den Oberhautzellen junger Blumenstiele von Hyacinthus, wie diese sich zeigen, wenn die abgezogene Oberhaut auf der Objecttafel ausgebreitet und mit Glycerin gedeckt wird, wodurch, wie durch Zuckerlösung oder Alkohol, der Zellschlauch sich sehr stark zusammenzieht.

Taf. XIX, Fig. 42 zeigt eine solche Oberhautzelle, deren Cellulosewandung (a) ich die Cellulosewandungen der Nachbarzellen hinzugezeichnet habe, um die Correspondenz der Tipfelkanäle benachbarter Zellen und damit die Correspondenz der ihnen adhärirenden Schlauchstellen anschaulich zu machen. Die äussere Schlauchhaut allein ist, durch deren Adhärenz an den Tipfelstellen der Cellulosewandung, durch die Contraction des Schlauches zu langen Canälen ausgezogen, die genau dasselbe Bild geben wie die Canäle, in denen der Schlauchsaft lebender Zellen sich bewegt, ebenso wie diese (die sogenannten Protoplasmaströme) Mehlkörper des Schlauchraumes, hier Grünmehl ein-

laugen des Kalksalzes. Behandlung mit Schwefelsäure lässt in diesem Falle die organischen Rückstände des in Grösse und Form unveränderten Zellkerns nicht allein, sondern auch der Wandungsschichten erkennen.

schliessen. Durch stärkere Contraction der, hier ungewöhnlich dicken, deutlich doppelt contourirten, inneren Schlauchhaut (b) hat sich am Ende der Zelle eine Weitung des Schlauchraumes gebildet, die den grossen Zellkern und viel Grünmehl einschliesst.

Recht instructiv in Bezug auf die sogenannten Protoplasmaströme sind die grossen, bisquitförmigen Zellen aus dem Epidermoidal-Blattgewebe der Liliaceen, besonders der Blätter von Lilium candidum. Die Entwickelungsfolge dieser Zellen (Taf. XIX, Fig. 33) zeigt: dass es die, von einem centralen Zellkerne ausgehenden, canalisirten Schlauchhäute sind, welche die Vergrösserung der heranwachsenden Zellen an den Anheftungsstellen des Zellschlauchs verhindern und dadurch die Einbuchtungen der Zellwand veranlassen. Noch in der fertigen Zelle ziehen sich vom Zellkernbeutel ausgehende Schlauchcanäle genau nach den grössten Tiefen der nächsten Einbuchtungen hin und machen den Eindruck von Strängen, durch welche die Weitung der Zelle an diesen Stellen zurückgehalten wurde, auf einen gewissen Grad von Widerstandskraft der Canäle hindeutend, was mit der Natur von Flüssigkeiten unvereinbar ist, ebenso wie der Umstand, dass in Hunderten anderer Fälle der Zellkern durch die Protoplasmaströme im Mittelpunkt der Zelle, wie die Spinne in ihrem Netze festgehalten wird. Die Vergleiche des Protoplasma mit der thierischen Sarkode dürften so lange mit grosser Vorsicht zu beurtheilen sein, als auch in der Zootomie noch so wenig unter dem Objectiv experimentirt wird.

Meinen Erfahrungen nach sind die Schlauchcanäle keine ursprünglichen Gebilde, sondern es geht ihnen stets die Bildung einer mehr oder weniger grossen Zahl von Kernbläschen des Schlauchraumes vorher, deren Mehrung und Vergrösserung den Innenraum der Zelle ganz oder theilweise verdrängen kann. Die Kernbläschen füllen dann den Schlauchraum mehr oder weniger aus, den vorgenannten Zellkern zwischen sich einschliessend. In dem Maasse als die Kernbläschen grösser werden und sich gegenseitig drängen, wird der Schlauchsaft mit seinem Inhalte auf ein, den Intercellularräumen des Zellgewebes ähnliches Netzwerk von Gängen gedrängt. So lange die Kernbläschen noch als solche bestehen, kann der Schlauchsaft zwischen ihnen in jeder Richtung sich fortbewegen; er kann eine frühere Richtung verlassen und einen neuen Strom bilden, oder sich mit einem anderen Strome vereinen; er kann aber auch scheinbar aussetzen dadurch,

dass er in einer, der Achse des Mikroskops gleichen Richtung fortströmt, umgekehrt ebenso scheinbar an einem Punkte des Gesichtsfeldes beginnen. Erst wenn durch Resorption aller, sich unmittelbar berührender und durch Verwachsung der Ränder aller, durch Schlauchsaft getrennter Bläschenwände ein System von Schlauchkanälen sich gebildet hat, ist und bleibt der Saftstrom in diese Canäle gebannt, wenn er auch seine Strömungsrichtung in ihnen zu ändern vermag.

In sehr ausgezeichneter Weise zeigt diesen Vorgang die Zelle der Knollen von Ranunculus Ficaria nach der Auflösung des Stärkemehls im Frühjahre, zur Zeit, in welcher die Blattbildung eben begonnen hat. Ich gebe Taf. XIX, Fig. 41 die Abbildung einer solchen Zelle, in deren allseitig scharf contourirten Canälen der Schlauchsaft in lebhafter Strömung sich befindet. Das Object ist auch dadurch instructiv, dass in ihm, häufiger als sonst der Fall ist, mehrere Canalsysteme ineinandergeschachtelt vorkommen. Die Abbildung zeigt deren zwei. Alle Uebergangsstufen vom intercellularen Physalidegewebe zum Canalsysteme zeigen sich hier mitunter in ein und derselben lebendigen Zelle, derart, dass in dem äussersten Schlauche die Canalisirung bereits vollendet ist, während der centrale Zellkern noch von freien Physaliden eingeschlossen ist. Nicht zu dünne Querscheiben, mit Karminglycerin behandelt, zeigen solches nach Verlauf von wenigen Stunden.

Die Entstehung der Saftbläschen (Mikrophysalide), deren gegenseitige Verschmelzung und Canalisirung zeigt sehr schön das unreife Pollenkorn des Mais.

Mit Hinweglassung des doppelwandigen Pollenhauses (von dem ich Taf. XIX, Fig. 8 ein Stück im Durchschnitte unter stärkerer Vergrösserung gezeichnet habe) gebe ich in den Figuren 1—7 verschiedene Ansichten des Pollen von Zea Mais, wie sich dieser ungefähr 14 Tage vor dem Ausstäuben zeigt. Die zu dieser Zeit vollkommene Klarheit und Durchsichtigkeit des 0,12 mm. im Durchmesser haltenden Pollenkorns*), die Menge der Körner, die sich der gleichzeitigen Beobachtung unterbreiten lassen, und ihre Rollbarkeit begünstigen die Beobachtung in hohem Grade. Am längsten lebendig und unverändert

*) Nur der Raumersparniss wegen habe ich die Figuren 1—7 in verschiedener Grösse gezeichnet.

erhält sich die Pollenzelle unter Deckglas in filtrirtem Pflanzensafte (ich habe mich hierzu des Saftes aus frischen Kürbisstengeln bedient), nachdem sie in solchem aus den, mit einem scharfen Messer zerhackten Antheren ausgewaschen und unter Deckglas gebracht wurden.

Unter den Pollenkörnern, die in der bezeichneten Zeit der Beobachtung sich darbieten, finden sich viele, deren Zellschlauch mit kleinen Körnern dicht erfüllt ist, wie dies der untere Theil der Fig. 4 darstellt. Andere Körner zeigen, wie Fig. 4, alle Umbildungsstufen der Körner (a) zu Elementarkörpern (b), dieser zu Bläschen (c), aus denen durch gegenseitiges Verschmelzen grössere Bläschen (d) entstehen, deren Intercellularräume sich endlich zu den zartesten Schlauchsaft-Canälen gestalten (e).

Pollenzellen, wie sie die Figuren 1—3 darstellen, können auf demselben Wege, durch eine bis zum Monophysalid (e) fortgeschrittene Verschmelzung der Bläschen, sie können aber auch dadurch entstehen: dass in dem, mit Körnern gänzlich erfüllten Raume (Füllkern) nur ein einzelnes Bläschen zur inneren Schlauchhaut sich vergrössert, den körnigen Inhalt in einen schmalen Schlauchraum zusammendrängend (Fig. 2). Entstehen nun in diesem Raume neue Bläschen (Fig. 3), so kann, durch die Vergrösserung eines oder einiger derselben, der Innenraum des Schlauches beengt oder verdrängt werden, es können aus der Canalisirung dieser vergrösserten Bläschen Schlauchsaftcanäle im Innenraum entstehen, wie solche die Figuren 1 und 3 zeigen.

Dass der zur inneren Schlauchhaut ausgedehnte Monophysalid (2) von einer kräftigen Haut gebildet werde, zeigt recht schön die starke Pressung, welche der Zellkern des Schlauchraumes durch ihn erleidet, die häufig noch viel grösser ist, als dies Fig. 2 darstellt, im Gegensatz zu den vorherrschenden Fällen, in denen der Zellkern nach dem inneren Schlauchraume hin mehr oder weniger hervortritt (Fig. 1).

Nur selten beobachtet man eine wirkliche Einstülpung des Zellkerns in den inneren Schlauchraum. Ich zeichne jedoch einen dieser Fälle in Fig. 6, weil es mir einigemale glückte, die Bildung von Kernbläschen im Umfange des eingestülpten Zellkerns, wie solche Fig. 6 zeigt, und deren Entwickelung zu einem eingeschachtelten Zellschlauche (Fig. 7) in demselben Pollenkorne während weniger Minuten zu verfolgen. Eben so selten sind die Fälle, in denen die Saftbläschen zu zellenähnlichen Körpern erstarren, wie dies Fig. 5 darstellt, ein Vorgang,

den man häufiger in den Staubfadenhaaren von Tradescantia virginica auffindet, der mir aber in allen Fällen abnorm zu sein scheint, immerhin aber ein beachtenswerther Fingerzeig auf die Natur dieser Gebilde ist.

Endlich erwähne ich noch der Saftströmung in den Zellen der Charen. Stellt man starke Vergrösserung genau auf das Profil des Saftstromes unter Deckglas liegender Nitelazellen ein, dann zeigt die scharf contourirte Innengrenze des Saftstromes eine Wellenbewegung, die ich vergleichen möchte mit der Bewegung des Tuches, unter dem die Statisten hinlaufen, wenn in der Oper die Bühne eine bewegte Meeresfläche darstellen soll. Die Dienste der Statisten verrichten hier grössere und kleinere Brutbeutel und Körner verschiedener Grösse, die der Schlauchsaft mit sich führt. Das scheinbare Ueberschreiten der Grenze von einzelnen Körnchen, deren scheinbares Eintreten in den inneren Zellraum, erklärt sich leicht aus optischen Gründen und lässt sich die Täuschung leicht vermeiden durch genaues Einstellen 500maliger Vergrösserung auf das Profil des Saftstromes.

Dies vorausgeschickt, wende ich mich nun zur Betrachtung des diaphragmatischen Zellkerns.

In allen bereits zu bedeutender Grösse herangewachsenen Zellen des Markes und der Rinde ist, nach jeder vorhergegangenen Zellentheilung, die Stellung des Zellkerns anfänglich stets eine endständige, im Mittelpunkte der neu entstandenen Querscheidewand jeder Tochterzelle. Die beiden Tochterkerne stehen sich dann genau gegenüber (Fig. 40). Wo eine erneute Zweitheilung stattfinden soll, verlassen die beiden Zellkerne ihre ursprüngliche Stellung und wandern, wahrscheinlich getrieben durch Physalidebildung auf der, dem Wanderziele entgegengesetzten Seite des Zellkerns, im Schlauchraume an die Seite der Tochterzelle, dahin, wo eine neue Theilungsfläche sich bilden soll. Von hier aus schnürt sich die innere Schlauchhaut in der Theilungsfläche ab und der Zellkern tritt in den Mittelpunkt des dadurch erweiterten Schlauchraumes, woselbst er nun eine Zweitheilung erleidet in der Taf. XVIII, Fig. 1 dargestellten Weise.

Soweit ist der Vorgang ein allgemeiner, unabänderlicher und mit Sicherheit Schritt vor Schritt zu verfolgen, wenn man die Objecte so lange in Karminwasser kocht, bis sich die einzelnen Zellstränge mit der Präparirnadel trennen lassen.

Im Embryo-Sacke und in den Cambialschichten vollendet sich die Theilung des Zellschlauchs dadurch, dass nun auch die äussere Schlauchhaut, in derselben Abschnürungsfläche, zwischen den beiden Zellkernhälften hindurch sich einschnürt (Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims, Taf. II, Fig. 15—22). In Mark und Rinde ist dieser einfachste Theilungsvorgang nicht nachzuweisen. Die doppelte Querscheidewand der Mutterzelle wird hier, so weit meine zahlreichen Beobachtungen reichen, ohne Ausnahme, vom Zellkern selbst gebildet.

Wie gesagt, tritt auch bei diesem Theilungsvorgange der Zellkern in den Mittelpunkt einer Abschnürungsfläche der inneren Schlauchhaut. Die Figuren 37—40 zeigen diesen Abschnürungsraum mit dem darinliegenden Zellkerne der Mutterzelle. Die geradlinige Begrenzung beiderseits der Figuren, sind Stücke aus der Cellulosewandung der Mutterzelle. Von dem Theile des Schlauchraumes, in welchem der Zellkern lagert, gehen Schlauchsaftcanäle nach oben und unten, zu den hier ausser Zeichnung gebliebenen Seiten- und Endflächen des Schlauchraumes der Mutterzelle, in diesen einmündend.

Wie im Füllkerne (Taf. XVIII, Fig. 1) zerfällt auch hier der Zellkern durch eine mittlere Querfläche von Kernbläschen in zwei Hälften Ausser diesen entsteht aber noch am Aussenrande jeder Zellkernhälfte eine meniskenförmige Schicht von Kernbläschen, so dass, wie Fig. 37 zeigt, der Zellkern dadurch in vier Portionen getheilt wird.

Durch Vergrösserung der Kernbläschen in den meniskenförmigen Endflächen heben sich nun zwei Tochterkerne von dem getheilten Mittelkörper ab und diese Endkörper sind es, die später zu den Zellkernen der beiden Tochterzellen sich fortbilden (Fig. 38).

In dem Mittelkörper hingegen tritt nun nicht allein die körnige Bildung seiner Substanz schärfer hervor, sondern es verbreitet sich derselbe nun auch scheibenförmig, vom Mittelpunkte der Theilungsfläche aus, nach den Rändern derselben fortwachsend (Fig. 39), von dort aus in die Schlauchräume der nun getheilten Mutterzelle auf- und absteigend (Fig. 40).

Bis zu dem Fig. 40 dargestellten Zustande sind die neugebildeten Querwände nicht allein viel dicker als die fertige Zellwand, sondern sie färben sich auch noch wie die Zellkerne durch Karminlösung roth; ein beachtenswerther Umstand, durch den ich zuerst auf diesen Theilungsvorgang aufmerksam wurde. Nicht selten ist in diesem Zustande

die Zellkernhälfte mit der neuen Wandung noch innig verbunden und die Ablösung durch eine Bläschenschicht tritt dann erst später ein, gleichzeitig mit der Consolidirung und Klärung der neuen Querscheidewände.

Die Spitzen möglichst junger Liliaceenstengel, aus der Zwiebel genommen und so lange in Karminlösung gekocht, bis die Markzellen sich mit der Präparirnadel oder durch Pressung unter dem Deckglase leicht in die primitiven Zellencomplexe zerlegen lassen, zeigen den Vorgang am schönsten durch die aussergewöhnliche Grösse ihrer Zellen und Zellentheile unter Deckglas in Glycerin, nachdem die contrahirende Wirkung desselben aufgehört hat.

Dritte Abtheilung.

Der intercellulare Zellkern.

Bereits in meinen Arbeiten über die Oberhaut der Pflanzen (Vollst Naturgesch der forstlichen Culturpflanzen, Taf. 27—31) habe ich nicht allein auf häutige Auskleidungen der Intercellularräume, sondern auch auf verschiedenartige körnige Körper aufmerksam gemacht, die in solchen Fällen der Intercellularraum enthält. Ich wurde daran in diesem Frühjahr erinnert durch den rothen Farbstoff, der sich in den Intercellularräumen junger Sprossen von Paeonia findet, dessen Färbung und Reactionen genau dieselben sind wie die des Innenraumes der Oberhautzellen. Ich gebe in Taf. XIX, Fig. 36 die Abbildung einer solchen Zelle mit den Wänden ihrer Nachbarzellen, um die Menge und Vertheilung des blauen, durch dunkle Schattirung angedeuteten Farbstoffes zwischen den Zellwänden zu veranschaulichen.

Wirkliche Zellkerne in nackten Zellschläuchen fand ich in den Intercellularräumen der bistortenförmigen Zellen sehr junger Blätter verschiedener Liliaceen (besonders schön in denen von Lil. candidum), aus denen später das sternförmige Zellgewebe erwächst. Um sie aufzufinden, muss man die jungen Blätter lange in Karminwasser kochen und dann die Oberhaut, sorgfältig abgelöst, mit der Zellenseite nach

oben gewendet, auf der Objecttafel ausgebreitet, unter einer Decke von Glycerin betrachten.

In Fig. 35 gebe ich die Entwickelungsfolge dieser Organe, von oben nach unten fortschreitend. In der obersten Zelle sind andere als die normalen Intercellularräume zwischen je dreien Zellen noch nicht vorhanden. An der mittleren Zelle treten kleine Räume zwischen den Wänden der Nachbarzellen auch der Aus- und Einbuchtungen auf, in denen mehr oder weniger körnige, durch die Karminlösung roth gefärbte Körper lagern. In der unteren Zelle sind die Räume bedeutend grösser geworden. In ihnen sieht man dann nicht selten zwischen den Körnern einen deutlich und scharf begrenzten, kugligen Zellkern und diesen, wie die Körner seiner Umgebung, von den benachbarten Zellwänden durch eine gemeinschaftliche Schlauchhaut getrennt. In den Lücken zwischen dem sternförmigen Zellgewebe ausgewachsener, in Karmin gekochter Lilienblätter findet sich nur bisweilen eine, durch den Karmin gefärbte, kleinkörnige Substanz, die wahrscheinlich Ueberrest jener Füllung der Räume in jungen Blättern ist.

In den cambialen Holzfasern der Kiefernknospe zeigen die jüngsten Holzfasern keine Spur einer Tipfelung. Man überzeugt sich leicht hiervon, wenn man die grossen Knospen üppig gewachsener Triebe von Pinaster Laricio, der Länge nach halbirt, so lange in Karminwasser kocht, bis die Fasern der Cambialschicht mittelst der Präparirnadel auf der Objecttafel sich leicht isoliren lassen. Die, wie die Laubholz-Holzfaser einfach getipfelte Cambialwandung der jüngsten Faserzellen (Taf. II, Fig. 43) führt in ihrem Schlauchraume einen ungewöhnlich grossen, langgestreckten Zellkern mit 5—9 in eine Reihe gestellten Kernkörperchen (a). In einem nächsten Entwickelungszustande verwandeln sich die Kernkörperchen des grossen Mutterzellkerns an einem der Enden desselben in viele, kleinere Tochterzellkerne (b), lösen sich vom Mutterzellkerne ab, unter Vermehrung der Kernkörperchen des letzteren durch Selbsttheilung, und bleiben im Schlauchraume zurück (c), während der Mutterkern in diesem sich langsam fortbewegt. Die in bestimmten Zwischenräumen zurückbleibenden Kleinkerne legen sich nun der Cambialwandung an, worauf letztere in einer nach innen gerichteten, ringförmigen Wandungsfalte über den angelagerten Zellkern allmählig hinauswächst (d, e, f) bis auf eine centrale Oeffnung, die in der Aufsicht auf den Tipfel durch den in-

neren Ring umschrieben ist. Die allmählige Verengung des inneren Kreises ist sehr leicht zu verfolgen. Es ist dies im Kleinen derselbe Vorgang, durch den die Samenhaut über das Kernwärzchen bis auf die Mikropyle hinauswächst (Bot. Ztg. 1863, Taf. XI, Fig. 10; 1862, Taf. III). Durch Resorption desjenigen Theils der primären Zellwandung, dem die Kleinkerne sich anlagern, tritt der Kleinkern nach aussen, bildet sich dort einen Intercellularraum und tritt von diesem aus mit dem Zellschlauche der Nachbarzelle in Copulation.

Noch in anderer Weise findet hier eine Abschnürung des Zellkerns nach aussen statt, und zwar bei der Entstehung der secundären Markstrahlen im jungen Faserbündel. Ich muss die Darstellung dieses Gegenstandes einem anderen Orte vorbehalten und mich hier mit der Bemerkung begnügen: dass die in Fig. 43 bei g gezeichnete erste Zelle eines secundären Markstrahls Tochter des Zellkerns a ist.

Ich schliesse hiermit die Reihenfolge neuer Beläge für die Entstehung aller organisirten Gebilde aus vorgebildeten Organismen. Ihnen gegenüber dürfte sich wohl der Wunsch rechtfertigen, dass nun auch von Seiten der Protoplasmatiker controlirbare Beobachtungen für die, im Bereich des lebenden Pflanzenkörpers stattfindende Urzeugung beigebracht werden. Dass das Protoplasma eine der thierischen Sarkode analoge „flüssige Nichtflüssigkeit" sei, kann als genügende Erklärungsweise wohl nicht betrachtet werden. In dem, was man gewöhnlich Protoplasma nennt, im strömenden Schlauchsaft der Pflanzenzelle erkenne ich einen an sich wasserklaren Saft, dessen Trübung herrührt von einer dicht gedrängten Menge unter 0,001 mm. langer, länglich elliptischer Körper (Milchsaftkörper), deren gleiche Grösse und Form auf eine, auch ihnen zuständige Organisation hindeuten, die aber allerdings jenseit der Grenze des der Beobachtung Zugänglichen liegt. Ich meine damit nicht die gröberen, im Schlauchsaft suspendirten und mit diesem fortgeführten Mehlkörper verschiedener Art, sondern viel kleinere, bestimmt, aber matt contourirte Körper, die man nur bei starker Vergrösserung, guter Beleuchtung unter starker Blendung sieht. Nichts berechtigt mich zu der Annahme, dass der Schlauchsaft an sich consistent oder schleimig sei. Weit eher könnte man dies vom Safte des inneren Zellraumes behaupten, der auch da, wo er Gerbstoff oder Farbstoff nicht enthält, bei Deckung der Querschnitte aus jugendlichem

Zellgewebe mit Glycerin, zu kugligen Massen von aussergewöhnlicher Lichtbrechung sich zusammenzieht.*)

Ein besonderes Gewicht hat man auf die Entstehung des Chlorophyllkorns aus formlosem, protoplasmatischem Stoffe gelegt. Wie leicht hier Täuschungen sind, wenn man nicht mit allen Hülfsmitteln experimentirt, mag das Nachfolgende ergeben.

In den sternförmigen Zellen der Lilienblätter (Lilium lancifolium) liegen farblose Tropfen, die man leicht für Fetttropfen hält. Unter Deckglas in Aether gebracht, färben sich die Kugeln leuchtend chlorophyll-grün, ohne irgend eine Structur erkennen zu lassen. Das ist auch der Fall, wenn man die Blätter kocht. Jede bistortenförmige Zelle der abgezogenen unteren Oberhaut enthält dann einen kugligen grünen Körper neben dem, durch die Karminlösung roth gefärbten Zellkerne; bringt man Stücke solcher Oberhaut unter Deckglas mit Alkohol in Berührung, dann erkennt man in den Kugeln ein System ineinandergeschachtelter künftiger Zellschläuche mit nach innen abnehmender Grösse der grünen Körner jedes Schlauches.

---

*) Leider habe ich bis jetzt, trotz aller Bemühungen, noch kein mikroskopisch benutzbares Reagens für diesen, im jugendlichsten Zellgewebe sehr allgemein vorkommenden Körper auffinden können.

Ueber den Bau der Pollenwandung und der Fovilla.

Von

Dr. **Th. Hartig.**

(Hierzu Tafel XIX, Fig. 8—32).

Schacht ist es, der die Musterarbeit Fritsche's über den Pollen vervollständigte durch Zeichnung von Querschnitten aus einem Magma von Pollenkörnern und Gummi. Indess sind Schacht's in dessen Pflanzenphysiologie, Taf. X, Fig. 1—20, gegebene Zeichnungen nicht so detaillirt und zahlreich, dass aus ihnen sich Ansichten über Entwickelungsweise der Pollenwandung herleiten lassen.*)

Die in meiner Arbeit „über den Füllkern" gegebene Entwickelungsfolge des Pollenkorns von Tradescantia virginica führte mich zu gleichen Untersuchungen, deren Resultate ich in Nachfolgendem zusammenstelle.

Wie jede andere vollkommene Pflanzenzelle besteht der Blumenstaub aus einem, die Fovilla enthaltenden Zellschlauche und zweien, diesen einschliessenden Zellwandungen, deren äussere, in Bau und Bestand, lebhaft an die Oberhaut der Triebe und der Blätter erinnert. Ich werde zuerst vom Baue der Wandungen, dann vom Zellschlauche sprechen.

In allen mir bekannten Fällen besteht die Hülle der Pollenzelle aus zweien wesentlich verschiedenen, ineinandergeschachtelten, dicht an-

*) Es ist mir nicht bekannt, ob Schacht nach 1859 noch Mittheilungen über diesen Gegenstand veröffentlicht hat.

einanderliegenden Wandungen. Die äussere dieser beiden Wände, derb, gewissermaassen verholzt, meist gefärbt und mit oft sehr zierlichen Auswüchsen besetzt, lässt sich mit der Cuticula der Oberhaut an Blättern und Trieben, oder auch mit der primitiven Wandung der Holz- oder Bastfasern vergleichen. Wie diese zeigt sie häufig nach aussen gewendete, blind endende Tipfelcanäle (Fig. 13, 14) und ausser diesen, oder allein, grössere, rundliche, nur durch eine dünne Haut verschlossene Durchbrechungen für den Austritt des Pollenschlauchs, die mitunter durch einen Deckel von der Substanz der Aussenwand verschlossen sind (Fig. 9 und 12). Die innere Wandung hingegen ist stets ungefärbt, wie es scheint weicher, deutlich geschichtet und der inneren, secundären Zellwandung jeder Holz- oder Bastfaser entsprechend. Nicht allein unter den Schlauchpforten ist sie nach aussen und innen oft bedeutend verdickt (Fig. 9, 10) und innerhalb der Verdickung bis auf die Ränder deutlich gekörnelt, sondern es treten solche Weitungen in der Regel auch unter den Tipfelcanälen der Aussenwand auf (Fig. 13, 14). Ausnahmsweise geht die einfach körnige Structur des Innern der Weitung in die der Elementarkörper (Oenothera, Fig. 23, Clarkia, Fuchsia), noch seltener geht sie in gröbere Körner über (Figur 17, Pelargonium). Es ist auffallend, dass da, wo die Exine ausser den grossen Schlauchpforten noch durch eine Mehrzahl weiter Tipfelcanäle durchbrochen ist, wie z. B. bei Malva und Mirabilis (Fig. 13, 14), die Weitungen der Intine in der Verlängerung der Axe des Tipfelcanals liegen, Mirabilis longiflora giebt hierüber Aufschluss. Aussergewöhnlich dünne Querschnitte aus Gummimagma zeigen da, wo der Schnitt genau die Mitte der Weitung getroffen hat, am Innenrande der grössten Dicke eine leichte Einkerbung und einen, von dieser nach aussen verlaufenden, äusserst zarten Tipfelcanal, der im unverletzten Pollenkorn wahrscheinlich viel weiter ist und die Schlauchhaut der Fovilla durch sich hindurch lässt; wenigstens sehe ich in vielen Fällen letztere durch die Intine bis an die Aussengrenze der Exine hin erweitert und dort mit der Schliesshaut des Tipfelkanals verbunden. Man wird daraus wohl schliessen dürfen: dass auch in anderen, der Beobachtung weniger günstigen Fällen die Sache sich ebenso verhalte.

Eine ungewöhnliche Dicke besitzt diese innere Pollenwandung bei Canna, Marantha (Fig. 22), bei Moraea (Pardanthus) chinensis, Tigridia,

Funkia (Fig. 15). Ausser unzweifelhafter Schichtung erkennt man bei Moraea, Tigridia etc. durch radial gestellte, lichtere Streifen Tipfelcanäle, die bei Canna (Fig. 22) viel schärfer ausgeprägt sind und tiefen Einschnitten an der inneren Wandungsgrenze entsprechen. An sehr dünnen Querschnitten zeigt Moraea sehr deutlich die innere häutige Begrenzung der Innenwandung durch eine Reihe in sie verwebter Körnchen, die zum Theil eine bedeutendere Grösse besitzen, so dass ihre innere Hälfte in die Wandung selbst versenkt ist (Fig. 16). Diese innere Grenzhaut (Ptychode) erkennt man auch an Querschnitten von Canna. Sie trennt sich dort, wie Fig. 22 zeigt, leicht von der Wandung, ist aber nicht so scharf begrenzt, wie bei Moraea und Tigridia.

Ohne Zweifel stimmt diese Wandung in ihrem Baue vollkommen überein mit der Cellulosewandung gewöhnlicher Zellen. Schwefelsäure löst sie leicht, aber ohne die der Cellulose eigenthümliche, vorhergehende Expansion und ohne Reaction auf Jodlösung.

Schon hier zeigt sich also zwischen Pollenhaus und Zellwandung eine nicht zu verkennende Analogie. Ich habe gezeigt, dass die fertigen Holz- und Bastfasern stets aus zweien ineinandergeschachtelten Zellwänden bestehen, von denen die älteste, äusserste, im Verlauf der Verholzung auf geringe Dicke reducirt und in Schwefelsäure relativ unlösbar geworden, der Exine des Pollens entspricht, während die innere, dickere, in Schwefelsäure bis auf die Grenzhäute lösbare Zellwandung der Intine verwandt ist.

Behandelt man frischen und reifen Pollen mit verdünnter Schwefelsäure, dann wird bei vielen Arten der unter der Schlauchpforte lagernde, verdickte Theil der Innenwandung durch den hervordringenden, die Fovilla enthaltenden Zellschlauch hervorgedrängt, in ausgezeichnetster Weise bei Scabiosa, deren Pollen schon in Glycerin rasch drei Nothschläuche aus den drei Schlauchpforten austreibt, den, in pilzähnliche Fäden zerschlitzten Pfortendeckel zur Seite schiebend. Wo ausser den Schlauchpforten noch eine Mehrzahl grösserer Tipfelcanäle die Aussenwandung durchsetzen, wie bei Mirabilis (Fig. 14) und Malva (Fig. 13), da werden Weitungen der Innenwand häufig auch durch kleinere Canäle ausgestossen.

Das, was Fritsche „Zwischenkörper" nennt, fällt in der Mehrzahl der Fälle mit dem zusammen, was ich als Weitungen der Intine darstellte. Bei den Geraniaceen und den Onagrarien sind den, unter

den Schlauchpforten lagernden Weitungen der Intine körnige Körper eingelagert, die bei Geranium durch Jodlösung blau, bei Pelargonium braun gefärbt werden. Karsten wies nach*): dass bei Caelebogyne und Schachtea die Zwischenkörper nicht in, sondern über der Intine, zwischen ihr und der Exine lagern. Ein prachtvolles Präparat des Pollens von Schachtea, das ich von Karsten erhielt, zeigt jedes der zahlreichen Pollenkörner mit drei, aus den Schlauchpforten durch den Fovillakörper hervorgedrängten Zwischenkörpern, deren Grösse den dritten Theil des Durchmessers der Pollenkörner beträgt. Manche dieser kugeligen Zwischenkörper besitzen das Ansehen kleiner Zellkerne, andere sind mit einer grösseren Zahl körniger Körper ausgestattet. Ob man diese Organe Zellen oder Tipfelzellen nennen will, kommt, wie bei Mohl, ganz auf den Begriff an, den man dem Wort „Zelle" unterlegt. In Bezug auf deren Genesis bin ich mit Karsten so weit einverstanden, dass es in sich abgeschlossene, selbstständige Körper sind, denen sie ihr Entstehen verdanken. Darf man Schlüsse ziehen aus den frühesten Entwickelungszuständen des Pollenkorns von Fuchsia, so sind Bläschen mit einem Centralkörper, also das, was ich Elementarkörper genannt habe, ihr Anfang, schon zur Zeit erkennbar, wenn die Pollenzelle aus der Mutterzelle und Special-Mutterzelle eben frei geworden ist. Aehnliches wie Schachtea zeigt unter den leichter zugänglichen Pflanzen der Pollen von Cephalanthus occidentalis.

Fortlaufende Spaltungen der Innenwandung, so häufig in der Aussenwandung auftretend, habe ich bis jetzt noch nicht auffinden können. Bei Marantha sind die innersten Schichten der Intine etwas weiter von den äusseren getrennt als letztere unter sich.

Ueber die Bedeutung der Aussenwand (Exine, Fritsche) bestehen zwei verschiedene Ansichten, die nur darin übereinstimmen, dass diese Haut ein der Cuticula an Blättern und Trieben analoges Gebilde sei

Mohl in seinen Beiträgen zur Anatomie und Physiologie der Gewächse, 1834, betrachtete die äussere Pollenhaut als ein Aggregat von Zellen-Rudimenten, zusammengehalten durch eine Intercellularsubstanz. Gegen diese Ansicht trat zuerst Meyen auf (Pflanzenphysiologie, Bd. I, p. 163, Bd. III, p. 155). Nach ihm entstehen die Stacheln, Leisten, Warzen auf der äusseren Oberfläche einer einfachen, festen Membran

*) Gesammelte Beiträge, pag. 329, 408 etc.

(Bd. III, p. 155). Schleiden spricht sich bestimmter darüber aus, dass die Aussenhaut des Pollens Aussonderungsproduct sei und überträgt diese Ansicht auf die Cuticula auch der Blätter und Triebe (Grundzüge, 1842, Bd. I, p. 286, 288; 1845, Bd. I, p. 313 und 326). In seinen späteren Schriften hat sich auch Mohl dieser Ansicht angeschlossen (Grundzüge, 1851, p. 123).

Bereits in meinen Beiträgen zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle, 1843, trug ich eine hiervon abweichende Ansicht in Bezug auf die Cuticula der Blätter und Triebe vor, indem ich dieselbe als die, im Umfange aller Nachkommen fortwachsende Wandung der ersten Zelle jedes pflanzlichen Individuums deutete, von jenen ernährt durch die ihr anliegenden Zellen, wie der Pollenschlauch von aussen genährt wird durch das Zellgewebe des Griffels, der Nadelholzkeim durch das kappenförmig ihn bedeckende Endosperm.*) Nach dieser Ansicht besteht die Oberhaut wie jede Zellwandung aus zweien Grenzhäuten und der, zwischen ihnen lagernden Cuticularsubstanz. Erstere entstammen den beiden Sehlauchhäuten des zum Zellschlauche entwickelten, ersten Zellkerns, die Cuticularsubstanz entspricht der Celluloseschicht und entstammt den Kernkörnchen des ersten Zellkerns. Die Tipfelcanäle und Spalträume der Cuticula entsprechen denen jeder anderen Zellwandung und sind wie letztere durch eine ursprüngliche Schlauchhaut verschlossen.

Diese Ansicht findet nun eine treffliche Bestätigung im Baue der äusseren Pollenwandung, die eine wirkliche Cuticula ist, daher auch eine Zellwandung, bestehend, wie diese, aus zweien Grenzhäuten und der zwischenlagernden Cuticularsubstanz, deren Elementarkörper durch

*) Wigand: Intercellularsubstanz und Cuticula, Braunschweig 1850, hat meine Angaben nicht richtig aufgefasst, wenn er p. 79 angiebt: die von mir angenommene, im Umfange aller nachgebildeten Zellen fortwachsende Urzelle des Individuums sei es, die meiner Angabe nach die Cuticula nach aussen absondere. Aus den in meiner „Vollständigen Naturgesch. der forstl. Culturpflanzen, Taf. 27—31 mitgetheilten Beobachtungen geht hervor, dass es die Wandung der ersten Zelle selbst ist, die fortwachsend zur Cuticula sich ausbildet, während dem Zellschlauche der Urzelle alle weitere Zellenmehrung entstammt. Nie und nirgends habe ich die Cuticula als ein Aussonderungsproduct erklärt und schon in meiner Schrift „Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzen, 1843, p. 19" ausdrücklich gesagt: „Ich halte die Cuticula für die im Umfange des pflanzlichen Individuums fortwachsende Urzelle, und deren verschiedene Schichtungen denen jeder anderen Zellwandung entsprechend."

örtliche, nach bestimmten Gesetzen erfolgende Anhäufung oder gänzliches Aussetzen, wie in Spiralfaserzellen, die verschiedenartige Gestalt der Aussenwand bewirkt.

Es ist eine unbestreitbare Thatsache, dass einfachere Bildungen in ihrer Vollendung die früheren Bildungszustände höher entwickelter Organismen häufig repräsentiren, dass man daher aus der Zusammenstellung und Vergleichung fertiger Zustände verschiedenartiger Organismen gleicher Bedeutung, innerhalb gewisser Grenzen allgemeine Schlüsse ziehen darf auf den Entwickelungsverlauf zusammengesetzterer Formen. Von diesem Gesichtspunkte aus bitte ich Nachfolgendes entgegenzunehmen.

Die einfachsten Bildungen der Aussenwandung des Pollenkorns sind die vorherrschenden. Ich gebe in den Figuren 8 aus Zea und 22 aus Canna zwei Gegensätze. Bei Canna ist die Aussenhaut ungewöhnlich dünn. Sie besteht aus dicht nebeneinanderlagernden, aber geschiedenen Kügelchen aus Cuticularsubstanz, die durch eine Ober- und eine Unterhaut von nicht mehr messbarer Dicke zusammengehalten sind. In gleichen Intervallen zeichnen sich einzelne dieser Kügelchen durch gesteigerte Grösse aus, ohne einen anderen Unterschied. Es sind dies Stacheln auf niedrigster Entwickelungsstufe. Die feinsten Schnitte aus Gummi-Magma, in Wasser gelöst, dann mit verdünnter Schwefelsäure behandelt und mit Jodglycerin unter Deckglas gebracht, zeigen Reihenstellung der grossen Körner und liefern eins der prachtvollsten Präparate. Die grossen Körner sind 0,003, die kleinen kaum 0,001 mm. dick.

Bei Zea hat die, Fig. 8 der Schlauchpforte wegen etwas dick gezeichnete Aussenwand ebenfalls nur eine Dicke von 0,003 mm., erscheint aber selbst auf den feinsten Durchschnitten durchaus structurlos. Die Annahme: dass die bei Canna getrennten Elementarkörper hier untereinander verschmolzen sind, erscheint wohl nicht zu gewagt.

Bei Cucurbita (Fig. 9) ist die, ohne die Stacheln auch nur 0,003 mm. dicke Oberhaut für den Beobachter ebenfalls noch structurlos. Nur an der Basis der Stacheln und in den Grenzschichten der Schlauchpforte zeigen sich mitunter Spuren beginnender Zweispaltung.

Bei Carduus (Fig. 10) ist die ohne die Stacheln 0,005 mm. dicke Aussenwand bis in die Stacheln hinein von unregelmässigen Höhlungen vielfach durchsetzt, die bei Georgina (Fig. 11) zu einer einzigen

grossen Höhlung verschmolzen, bei Scabiosa (Fig. 12) regelmässig geordnet sind.

Wie die Entwickelungsfolge des Pollens der Malvaceen mir zeigte, ist die, durch Carduus, Scabiosa, Cynara, Georgina repräsentirte Theilung der Aussenwand in eine Ober- und Unterwand (Exine und Intexine) keine ursprüngliche. Sie vollzieht sich in einer aus Elementarkörpern zusammengesetzten Substanz in ähnlicher Weise durch Bläschenbildung, wie die Theilung des Zellkerns durch Kernbläschen (Fig. 37—39). Dies beweist auch der Umstand: dass die Theilungsflächen häufig gegenüberstehend gezähnelt erscheinen, wie ich Fig. 11 unter a angedeutet habe. Es sind diese Zähne Ueberreste der Bläschenwände.

Ich darf hier wohl darauf zurückweisen: dass, auch an Zellen im engeren Sinne, Spaltungserscheinungen der sich verdickenden Zellwand schon im Jahre 1844 von mir nachgewiesen wurden (Das Leben der Pflanzenzelle, Taf. I, Fig. 52). Auch hierin tritt die Verwandtschaft der Cuticula mit der Zellwandung an's Licht.

Die Spaltung der Aussenwandung in eine Exine und Intexine ist vollendet bei Malva (Fig. 13) und Mirabilis (Fig. 14), bei Gazania (Fig. 20), Cichorium (Fig. 21) und vielen anderen Compositen. Bei den Malvaceen und Nyctagyneen ist es die Unterwand, bei den Compositen ist es die Oberwand, welche sich überwiegend weiter ausbildet. Bei Mirabilis deutet eine concentrische Bläschenschicht in der Unterwand, bei Cichorium, Scorzonera etc. eine solche in der Oberwand auf die Tendenz zu einer nochmaligen Spaltung beider.

Bei Malva (Fig. 13) und bei Mirabilis (Fig. 14), wie bei vielen anderen Pollenarten ist die Aussenwandung von zahlreichen Tipfelcanälen durchbrochen. Ob diese Tipfelcanäle auch durch die, an sehr dünnen Querschnitten sich mitunter ablösende Oberwand hindurchgehen, wage ich bis jetzt nicht zu sagen. Bei Mirabilis ist das entschieden nicht der Fall; es steht hier sogar ein kleiner Dorn der Oberwand genau in der Axe des Tipfelcanals der Unterwand. Die Querleiste, welche ich Fig. 14 in den Verlauf des Tipfelcanals der Unterwand gezeichnet habe, scheint mir nicht einen Verschluss, sondern nur eine Verengung desselben zu vermitteln.

Bei Mirabilis (Nyctaginea) longiflora (die Fig. 14 gehört M. Jalappa an) ist die concentrische Bläschenschicht der Unterwand häufig verschmolzen, so dass eine Trennung dieses Wandungstheils (Intexine)

in zwei Schichten vollendet ist. Der Zwischenraum zwischen beiden enthält dann reichlich Tropfen des gelben, durch Jodlösung sich grün und endlich blau färbenden Oeles, das durch die kleinen, bei M. longiflora weiteren und nach aussen verlaufenden Tipfelcanäle abgeführt wird. Man kann sich hier leicht überzeugen, dass das gelbe Oel Auflösungs- und Umbildungs-Product der Cuticularsubstanz ist.

Fig. 24 habe ich zu Fig. 13 die Aufsicht auf die Pollenwandung von Malva gezeichnet, um die mit mathematischer Genauigkeit bestimmte Stellung der, durch einfache Kreise bezeichneten Poren anzudeuten, um deren Jede sechs Andere im Umkreise stehen. Zwischen ihnen verläuft, der Aufsicht auf regelmässiges Parenchym ähnlich, ein sechsseitiges Netzwerk, über dem die Stacheln stehen; die grossen Stacheln, mit Ueberspringung je einer Ecke, im Dreieck um jeden Tipfel, dazwischen die kleinen Stacheln ebenfalls nur auf den Grenzlinien der Maschen stehend. Die Stellung der grossen Stacheln habe ich durch Punktkreise, die der kleinen Stacheln durch einfache Punkte kenntlich gemacht. (Als seltene Ausnahme hat Fritsche hier nicht richtig dargestellt.) Sehr auffallend ist es, dass man von dem, in der Aufsicht sehr deutlichen Maschwerke im Durchschnitte (Fig. 13) keine Veranlassung auffinden kann. Sie müsste in der Mitte zwischen je zweien Tipfelcanälen aufzufinden sein. Vielleicht liegt die Ursache allein in der dünnen Oberwand.

Bei Oenothera, Clarkia, Fuchsia etc. liegt die weite Schlauchpforte an der Spitze kurzer, ovaler Aeste des Pollenkorns, in deren Bereich die Aussenwandung nur aus einer soliden Schicht besteht, die am Grunde des Vorsprungs nach innen leistenförmig erweitert ist, wie dies Fig. 23 aus Oenothera bei a zeigt. Zwischen je zweien Vorsprüngen ist die Aussenwandung in eine Ober- und Unterwand gespalten, nur erstere stark gefaltet. Beide zeigen Weitungen, die Unterwand häufiger und in grösserer Erstreckung als die Oberwand, mitunter zu wirklicher Spaltung vorgeschritten. Bei eintretendem Verstäuben löst sich die Cuticularsubstanz der, die Vorsprünge bedeckenden Aussenwandung in Elementarkörper auf, wie dies Fig. 23 unter b gezeichnet ist, wahrscheinlich zum erleichterten Austritt des Pollenschlauches.

Bei Fuchsia ist die Aussenwandung in ihrem ganzen Verlaufe ungetheilt.

Eine zweite Entwickelungsreihe, die ich ebenfalls an Canna (Figur 22) anknüpfen möchte, spricht sich darin aus, dass Elementarkörper der Aussenwandung, durch Blasenräume sich vergrössernd, die Cuticularsubstanz mehr oder weniger, nach aussen hin häufig ganz verdrängen. Im letzteren Falle ist dann der Raum nach aussen nur von Häuten begrenzt. Im eiförmigen Pollen der Amaryllideen sind die Spitzen desselben structurlos; das Netzwerk der Mitte und dessen allmählige Verkleinerung nach der structurlosen Masse hin macht durchaus den Eindruck von Blasenräumen, die sich in einer scheinbar homogenen Substanz entwickelt haben. In der Aufsicht zeigen die wesentlichen Verschiedenheiten dieser Bildung: Fig. 28 aus Crocus, Convolvulus, Tradescantia etc., Fig. 29 aus Phlox, Fig. 26 aus Funkia, Fig. 27 aus Lilium, Fig. 25 aus Martynia; im Durchschnitte: Figur 15 aus Funkia, Fig. 16 aus Lilium, Fig. 17 aus Pelargonium, Figur 18 aus Martynia, Fig. 19 aus Salvia.

Bei Salvia (Fig. 19) ist die Verdrängung der Cuticularsubstanz durch die kugligen Blasen nach allen Seiten hin eine ziemlich gleichmässige. Bei Martynia (Fig. 18) ist sie nach aussen eine viel stärkere, häufig bis zu gänzlichem Aussetzen. Hier kommt es auch nicht selten vor, dass die Verdrängung nach unten eine vollständige ist, in welchem Falle die Maschen des Netzwerks (Fig. 25) allein durch Wände gebildet sind, die senkrecht zur Aussenfläche stehen. Indess ist dies eine seltene Ausnahme. In der Regel findet die Verdrängung der Cuticularsubstanz nur nach oben hin statt, in allen Uebergangsbildungen, besonders bei Funkia und Tigridia (Fig. 15); durch Umkippungen, ähnlich der Spiralfaser, ausgezeichnet bei Pelargonium (Fig. 17). Tritt dazu noch eine theilweise seitliche Verdrängung der Cuticularsubstanz, dann kann der Fall eintreten, dass kuglige Ueberreste letzterer, wie Knoten in einer Leine, die Aussengrenze der Wandung bilden (Fig. 16 rechts, aus Lilium).

Alle diese, wie die citirten Figuren zeigen, nicht selten an ein und demselben Pollenkorne ineinander übergehende Formverschiedenheiten erinnern lebhaft an die Spiralfaserbildung wirklicher Zellen. Auch dort sind es zwei Häute, welche die Cellulosesubstanz einschliessen und am Grunde der Tipfel zu einer Haut verwachsen; auch dort bildet die Cellulosesubstanz die verschiedenartigsten Vorsprünge nach innen, wie sie die Cuticularsubstanz hier nach aussen entwickelt.

Ob man mit Mohl die zelligen Räume als Zellenrudimente oder Zellenanfänge betrachten will, kommt ganz auf den Begriff an, den man dem Wort „Zelle" unterlegt. Gewiss ist ihnen eigenthümliche Organisation und selbstständige Function nicht abzusprechen, und das häufige Vorkommen eines (Fig. 29) oder mehrerer Centralkörper (Fig. 29) in ihrem Innern deutet auf einen zusammengesetzteren Bau, als ihn unsere optischen Hülfsmittel erkennen lassen. Indess dürfte es doch rathsam sein, den Begriff der Zelle nicht auf diejenigen Organismen auszudehnen, die Bestandtheile dessen sind, was wir gewöhnlich Pflanzenzelle nennen: die nächsten Zusammensetzungstheile der Pflanze.

Die Aufsicht auf die Pollenhaut vieler Liliaceen, z. B. von Funkia (Fig. 26), von Lilium (Fig. 27), bei denen das Netzwerk nicht wie bei den Amaryllideen ununterbrochen, sondern gekörnelt ist, kann leicht zu der Ansicht führen, es bilde sich das Netzwerk durch Zusammentreten molecularer Elementarkörper. Abgesehen von meinen noch sehr beschränkten Erfahrungen über den Entwickelungsverlauf einzelner Pollenarten, die dieser Ansicht nicht günstig sind, bestimmt mich zu der voranstehenden Deutung besonders der Umstand, dass das Netzwerk, so verschiedenartig es gestaltet sein mag, mit seltenen Ausnahmen einer gemeinschaftlichen Basis entspringt (Fig. 15—19), die in der Aufsicht nicht erkennbar ist; ferner das, in vielen Fällen unzweifelhafte Vorhandensein einer freien, äussersten Grenzhaut.

In der Aussenwandung des Pollens vieler Compositen, z. B. Fig. 20 aus Gazania, Fig. 21 aus Cichorium, Scorzonera, vereinen sich die beiden besprochenen Entwickelungsformen. Durch Spaltung hat sich eine Oberwand von einer Unterwand bis auf die Ränder der Schlauchpforten vollständig getrennt, in der Oberwand, und nur in dieser, ist die Bildung weiter vorgeschritten, durch Blasenräume mannigfaltiger Form und Anordnung.

Es bleibt nur noch des Falles zu erwähnen, in welchem die Aussenwandung in Felder getheilt ist, nicht durch das Netzwerk der Cuticularsubstanz, sondern durch Aussetzen dieses letzteren. Am ausgezeichnetsten ist dies der Fall bei Martinia (Fig. 25 und 18), aber auch bei Catalpa, Thunbergia, Salvia. Der Durchschnitt aus der Pollenhaut von Martynia (Fig. 18) zeigt die Ursache des Aussetzens in Vereinigung der Schlauchhaut des Fovillakörpers mit der äussersten Grenzhaut der Aussenwandung, in ähnlicher Weise wie die äussere

Schlauchhaut des Zellschlauches den Schliesshäuten der Tipfelcanäle adhärirt (Taf. XIX, Fig. 41, 42). Die matte, aussetzende Schattirung zwischen den einzelnen Netzwerk-Complexen in Fig. 25 ist daher zu vergleichen mit den von Cellulosesubstanz freien Flächen der Spiralfaser- oder Tipfelzelle. Hierher auch Passiflora. Bei Thunbergia sind diese, zwischen dem spiralig geordneten Cuticularbande liegenden, die Bandränder verbindenden Hautflächen von einer Längsreihe kleiner Bläschen noch einmal unterbrochen. Zwischen den Reihen derselben, in unregelmässigen Abständen stehen grössere Bläschen mit ausgeprägtem Centralkörper.

Die Ansicht, dass die Aussenwandung Aussonderungs-Product sei, steht in nächster Beziehung zu derselben Ansicht über Entstehung der Cuticula über Blättern und Trieben. Diese Ansicht setzt voraus, dass der Stoff für die Bildung der Cuticula hier wie dort als eine Flüssigkeit von der Zelle abgeschieden werde und sich dann erst zur organischen Form gestalte, dass die Cuticula in dieser Form noch ernährt werde, fortwachse und durch Theilung sich zu mehren vermöge. Denn dass dies der Fall sei, lehrt die unmittelbare Entwickelungsfolge der Pollenhaut. Die grossen Stacheln auf der Oberfläche des Pollenkorns von Malva sehe ich schon zur Zeit, wenn das Korn aus der Special-Mutterzelle eben hervorgetreten ist, und zwar in einer, der Beobachtung beinahe entschwindenden Grösse. Dass sie von da ab noch wachsen, also ernährt werden, ist zweifelsfrei; dass dies Wachsen nicht auf Apposition beruhe, lehrt der Augenschein.

Wäre jene Ansicht über Entstehung der Cuticula richtig, dann läge darin eine wesentliche Erweiterung der Protoplasma-Theorie, insofern damit erwiesen wäre, dass organisirte Körper nicht allein im Bereich der lebendigen Zelle, sondern auch auf deren Aussenfläche, also ausserhalb der Zelle, aus formlosen Stoffen, aus Urschleim sich bilden können. Das Material zu mehren für die Beweisführung, dass dies nicht der Fall ist, dass das Pollenhaus wie die Cuticula der Blätter und der Triebe einheitliche Zellwandung sind, ist der Zweck vorstehender Mittheilungen.

Die Fovilla, eingeschlossen in eine sehr zarte äussere Hüllhaut, ist selbst im frischen, reifen Pollen keine Flüssigkeit, sondern ein ziemlich fester, elastischer, mitunter sogar spröder Körper. Abgesehen von den Einschlüssen, von denen ich bereits in der Arbeit „über den

Füllkern" gesprochen habe, besteht die Randschicht der Fovilla aus Elementarkörpern, die wenigstens in vielen Fällen zu Fäden und Bändern geordnet sind. Scheibenschnitte aus einem Magma von Pollen und Gummi in Glycerin gelöst, zeigen bei Cichorium, Scorzonera, Datura, Convolvulus, Dianthus, Canna und vielen anderen Pollenarten, besonders aus der Familie der Compositen, die äusseren Lagen der Fovilla in einem Spiralbande, dessen Bänder aus nebeneinanderliegenden Fäden zusammengesetzt sind, deren jeder eine Zusammensetzung aus Körnern oder Elementarkörpern deutlich erkennen lässt. Fig. 30 habe ich den Fovillakörper aus dem Pollen von Cichorium gezeichnet, den aus der Schnittfläche des Pollenhauses hervorgequollenen Fovillakörper etwas grösser, als er im Verhältniss zum Hause in der Wirklichkeit ist.

Der Pollen von Anagallis, reif und frisch in das Wasser des Deckglases gebracht, treibt sofort einen sehr langen Nothschlauch aus, der erfüllt ist mit einer einfachen oder doppelten Reihe von Elementarkörpern (Fig. 31). Nach wenigen Secunden verwandelt sich jeder Elementarkörper in ein grösseres einfaches Bläschen, mit deren Haut kleine Körner verwebt sind, wie dies allen einfachen Zellhäuten (im Gegensatz zu den Celluloseschichten) zuständig ist.

Aus der Anthere in Wasser gebracht, entleert sich das Pollenkorn der Fovilla in verschiedener Weise: entweder unter Sprengung aller Hindernisse als eine, durch Wasseraufnahme verflüssigte Substanz, oder schlauchförmig durch den nicht gesprengten Zellschlauch, oder eingeschlossen ausserdem noch in die hervortretende Intine, letzteres in ausgezeichneter Weise bei Avena, Datura, Scabiosa. Aus Pollen von Malva oder Mirabilis, frisch in Glycerin gebracht und abs. Alkohol zugegeben, treten mitunter grosse Mengen von solchen Nothschläuchen gleichzeitig aus den weiträumigen Tipfelcanälen der Wandung hervor.

Solche Nothschläuche mit hervorgetriebener Intine, durch welche sogar die Exine, mitunter bis zur doppelten Länge des Pollenkorns, schlauchförmig erweitert wird, wo sie dünn und dehnbar ist, z. B. am Pollenkorn von der Canna-Narbe, mögen Veranlassung zu der Annahme gewesen sein: dass auch an dem auf der Narbe normal entwickelten Pollenschlauche die Schlauchwandung aus der erweiterten Intine gebildet werde. Es ist dies wenigstens nicht überall der Fall. Pollen mit sehr dicker Intine, z. B. der von Canna, Crocus, Tigridia,

Funkia, Moraea, in Glycerin aus den Narben-Papillen ausgewaschen, zeigen unverkennbar ein Durchbrechen der Intine und Exine durch den hervorwachsenden Pollenschlauch und die Entstehung der Schlauchwand aus den spiralig geordneten Elementarkörpern der Grenzschichten des Fovillakörpers. Ein ausgezeichnet beweiskräftiges Material bieten die der Narbe entnommenen Pollenzellen von Canna. Die Papillen, durch einen Längsschnitt vom Griffel getrennt, in Glycerin ausgewaschen, liefern grosse Mengen Schlauchpollen in allen Entwickelungszuständen des Schlauches. Mit Jodzusatz unter Deckglas gebracht, lässt sich die Bildung der Schlauchwandung aus der Spiralschicht der Fovilla noch im Innern des Pollenkorns Schritt vor Schritt verfolgen, durch die anfänglich braune, mit fortschreitender Ausbildung verblassende Färbung durch das Jod. Die im Umfange des Fovillakörpers neu entstandene Wandung legt sich der Intine dicht an und wächst an der Durchbrechungsstelle, die schon vorher durch eine linsenförmige Verdickungsstelle des Randes der Fovilla angekündigt ist, mit der Schlauchhaut letzterer nach aussen. Ich vermag Pollenkörner aufzuweisen, an deren, bis zur Länge des Pollendurchmessers ausgewachsenen Schläuchen die körnige Spiralstructur der Wandung noch erkennbar ist. Es ist damit die Bedeutung der spiraligen Aussenschicht der Fovilla an's Licht gestellt: als künftige Wandung des Pollenschlauches.

Am Pollen der Martynia-Narbe erkennt man die spiralige Structur des Fovillakörpers, oder vielmehr der Grenzschicht desselben auf's Deutlichste an der Spitze schon bedeutend verlängerter Pollenschläuche und zwar bis zur äussersten Grenzlinie derselben sich erstreckend, während an den ältesten Theilen des Schlauches die Cellulosewandung ihre wasserklare Beschaffenheit erhalten hat. Auch Tigridia ist sehr instructiv, nicht allein durch die Dicke seiner Intine, sondern auch dadurch, dass sich die Exine leicht löst. Man muss aber den Pollenschlauch in seinen früheren Entwickelungszuständen beobachten, denn später, wenn er eine bedeutende Länge erreicht hat, legt sich seine Wandung der Innenfläche des Pollenhauses dicht an und die alsdann letzterem nahezu gleiche Grösse und Form des hinteren Schlauchendes giebt zu Verwechselung Anlass.

Bei Marantha bildet sich die Schlauchhaut des Fovillakörpers schon im ungekeimten Pollenkorne zu einer wasserklaren, spiralig ge-

stalteten Hülle, die sich bei Behandlung des Pollens mit Glycerin von der sehr dicken Intine zurückzieht.

Ich habe gezeigt, dass die Celluloseschichten aller Zellen aus einem spiralig geordneten Bande bestehen (Astatheband), dass der Unterschied zwischen Spiralfaserzellen und geschlossener Zellwandung nur beruhe auf einer mehr oder weniger dichten Aneinanderlagerung und Verwachsung der Ränder des Bandes, das aus mehreren parallelläufigen, aus Primitivkügelchen zusammengesetzten Primitivfasern bestehe. (Ueber Bestand und Wirkung der explosiven Baumwolle, Braunschweig 1847, erste Darstellung des Collodium.) Die Grenzschichten der Fovilla zeigen nun einen, dem entsprechenden, zusammengesetzten Spiralbau (Fig. 30). Sie sind es, die weiterhin zu der Aussenwandung des Pollenschlauches sich fortbilden. — Darüber später mehr.

Ein Rückblick auf das vorstehend Mitgetheilte ergiebt:

1. Dass der im reifen Pollenkorne feste Fovillakörper, dessen Einschlüsse ich in der Abhandlung über den Füllkern beschrieben habe, von einer ihm angehörenden Schlauchhaut eingeschlossen ist, aus der später die Aussenwandung des Pollenschlauches erwächst, dass diese Schlauchhaut aus Elementarkörpern entsteht, die sich in Reihen aneinanderfügen, deren eine Mehrzahl zu einem spiralig geordneten Bande sich vereinen, das meist erst beim Heranwachsen des Schlauchs zur wasserklaren, scheinbar structurlosen Wandung verwächst.

2. Dass der Fovillaschlauch eingeschlossen ist in ein doppelwandiges Pollengehäuse, dessen äussere Wandung, die Exine, der primären Wandung, dessen innere Wandung, die Intine, der secundären Wandung jeder Holzfaserzelle verwandt sind; dass die Exine allein als ein der Cuticula an Blättern und Trieben verwandtes Gebilde betrachtet werden darf. Ganz gewiss ist sie kein Aussonderungsproduct, eben so wenig wie die Cuticula.

3. Dass die Formbildung, wie die Spaltungen der Exine, auf Bläschenbildung aus den Kernkörpern dieses Wandungstheiles beruhen.

4. Dass fortlaufende Spaltungen der Intine mir bis jetzt noch nicht zur Anschauung gelangt sind, Aehnliches aber bei den Maranthaceen vorhanden ist.

5. Dass Zwischenkörper in den von Karsten bezeichneten und einigen anderen Fällen als gesonderte, zwischen Exine und Intine lagernde Körper unzweifelhaft vorhanden sind, dass ich aber die Allgemeinheit ihres Vorkommens bis jetzt noch nicht bestätigen kann.

Entlaubungs-Versuche an der Weymuth-Kiefer,

im forstlichen Versuchsgarten bei Braunschweig.

Von

Dr. **Th. Hartig.**

In No. 10 der Botanischen Zeitung von v. Mohl u. v. Schlechtendal, Jahrgang 1862, habe ich über die Erfolge vollständiger Entästung und Entnadelung 20 Fuss hoher Weymuthkiefern berichtet, die im Frühjahre 1860, bis auf den terminalen Knospenquirl, aller tieferen Knospen und aller Seitenäste, daher auch aller Nadeln beraubt wurden. Wie ich aus vorhergegangenen Versuchsreihen voraussehen konnte, hatte im ersten Sommer nach der Entlaubung eine wesentliche Verminderung der Triebbildung, aus den terminalen Knospen, und der Holzringbreite in allen Schafttheilen nicht stattgefunden; die im vorhergehenden Jahre bereiteten und im Stamme abgelagerten Reservestoffe hatten ausgereicht, den vollen Jahreszuwachs am Schafte herzustellen; die geringe, aus dem terminalen Blattquirl entwickelte Laubmenge hatte genügt zur Unterhaltung der für die normale Ausbildung des Zuwachses nöthigen Saftbewegung. Einige Stämme. denen auch der terminale Knospenquirl entnommen war; erhielten sich während des ganzen nächsten Sommers saftvoll und in allen Rindetheilen turgescirend; es hatte an ihnen aber weder eine Lösung des Reservemehls noch irgend eine Neubildung stattgefunden, woraus erhellet, dass an den übrigen Versuchsbäumen die aus einem Knospenquirl entwickelte Laubmenge genügt hatte zur Unterhaltung derjenigen Vegetations-Processe, die der Reservestofflösung und der Verwendung der Reservestoffe auf die normalen Neubildungen dienstbar sind. Dagegen konnte die abnorm verminderte Blattmenge eine, für den nor-

malen Zuwachs ausreichende Menge von Reservestoffen für den zweiten Sommer nach der Entnadelung nicht bereiten, in Folge dessen die Triebe und Blätter dieses zweiten Sommers sehr kurz und schmächtig blieben, eine Holzringbildung am Schafte, vom Gipfel abwärts kappenförmig nur bis zum 4jährigen Triebe stattgefunden hatte.

Ich erlaube mir, hier in der Kürze die Zuwachsresultate der nachfolgenden Jahre mitzutheilen.

Die Triebe und Blätter der letztverflossenen Jahre haben nahezu ihre normale Grösse wieder erlangt und bilden eine dicht belaubte Krone von pptr. 3 Fuss Höhe und 2 Fuss Durchmesser. Vom zweiten Jahre nach der Entlaubung ab, in jedem folgenden Jahre, hat sich der ihm angehörende Holzring als kappenförmiger Ueberzug des vorhergebildeten Holzringes tiefer nach unten entwickelt. Vor 2 Jahren war er bis auf 5 Fuss über dem Boden ausgebildet; jetzt, im Herbste des siebenten Jahres nach der Entlaubung, ist er bis in den Wurzelstock hinabgestiegen. Die Messung und Zählung der Zeit der Entnadelung gebildeter Holzringe am gedachten Stamme ergiebt:

An dem damals termin. Jahrestriebe	7	Holzringe,	zus.	14	mm. breit.
In der Mitte der Schaftlänge . .	5	„	„	6	„ „
Dicht über dem Boden	3	„	„	1	„ „
Wurzel 1 Zoll dick	1	„	„	1/4	„ „
Wurzel 1/4 Zoll dick	0	„	„	0	„ „

Dieser Versuch hat seine Endschaft erst dann erreicht, wenn die Versuchsbäume dieselbe Zuwachsmasse in normaler Weise alljährlich ausbilden werden, wie die benachbarten nicht entlaubten Bäume desselben Bestandes. Die Laubmenge der Versuchspflanzen des betreffenden Jahres wird dann zeigen, wie vieler Blätter Bäume gleicher Art und Grösse bedürfen, um den normalen Zuwachs zu erzeugen, und das ist eine für viele forstliche Betriebsfragen sehr wichtige und einflussreiche Erfahrung, der wir unter Anderem auch eine wissenschaftliche Grundlage der Erzeugung und Erziehung unserer Wälder in lichterem oder gedrängterem Pflanzenstande abgewinnen werden. Dass derartige Versuche an Bäumen verschiedener Art und verschiedenen Alters angestellt werden, ist daher sehr wünschenswerth.

Ueber Eigenthümlichkeiten einiger Sphaerien — Stylosporen.

Von

H. Karsten.

(Hierzu Taf. XV, 10—18.)

In der geöffneten Anthere von Fuchsia splendens fand ich neben dem mehr oder minder unregelmässig entwickelten Pollen, der von einem zarten farblosen Mycelium durchwebt war, kleine kuglige graue, aussen fein filzige, am Scheitel mit einer kreisrunden, nicht vorgezogenen, von kurzen Wimpern umsäumten Oeffnung versehene Sphaerien*) entweder völlig einzeln (Fig. 16) oder zu 2—3 mit einander verwachsen (Fig. 18), ohne jeglichen stielartigen Träger. Mit Wasser befeuchtet, entquoll diesen Sphaerien aus der scheitelständigen Oeffnung ein weisser gewundener Faden, der sich alsbald im Wasser zu unzähligen ovalen, einfachen Bläschen auflöste (Fig. 17), welche mit verdünnter Jodlösung befeuchtet, dem Stärkemehl ähnlich, schön violett gefärbt wurden und, in Glycerin aufbewahrt, nach einiger Zeit verflossen waren.

Es ist dies wohl das erste bekannte Beispiel einer Amylum-Reac-

*) Obgleich ich keine mit Sporenschläuchen versehene Perithecien, vielmehr nur die sogenannten Pycniden beobachtete, dürfte doch wohl diese Pflanze wegen ihrer habituellen Aehnlichkeit mit den Sphaerien aus der Abtheilung der „villosae" Fries, bis zu einer vollständigeren Kenntniss, in die Nähe der S. canescens Pers. zu stellen sein, und als S. amylospora bezeichnet werden können.

tion bei Pilzsporen, — denn als solche und zwar als Stylosporen glaube ich diese Körperchen bezeichnen zu müssen — und wenn auch bei den Flechten schon durch Currey eine gleiche Reaction der Sporen und zwar an der von diesem Beobachter Amylospora tremelloides genannten Pflanze beobachtet wurde: so ist dieselbe doch bemerkenswerth als eine bei Pilzen im Allgemeinen selten vorkommende Erscheinung.

Denn, so weit bekannt, wurde diese Amylum-Reaction bei Pilzen nur an den fadenförmigen Auswüchsen einiger Erysibe-Arten von Tulasne, an dem Fruchtgewebe der Septoria Ulmi von Mohl und an dem Mycelium von Polystigma rubrum und fulvum von Bary beobachtet. Das Verhalten dieser Gewebe im jodirten Zustande gegen Glycerin ist von diesen Beobachtern nicht berücksichtigt worden; jedenfalls verhält sich dasselbe anders als das gegen Jod ähnlich reagirende Flechtenstärkemehl, welches — bei Cetraria Islandica wenigstens — auch nach jahrelanger Aufbewahrung in Glycerin seine Form und Reaction bewahrt. Demnach würde also diesen Sphaerien-Sporen eine bis jetzt nicht bekannt gewesene eigenthümliche chemische Constitution zukommen.

Eine sehr seltsame Stylosporen-Form fand ich in einer Sphaeriacee, die im Juni in dem Gewebe der Blattscheiden, der Spelzen und des Stengels von Festuca ovina wucherte.*)

Die völlig unter der Oberhaut des an diesen Stellen schwarz gewordenen Stengels verborgenen Sphaerien stehen gruppenweise, ohne mit einander verwachsen zu sein, neben einander; sie haben eine fast kuglige Form und eine sehr kleine, scheitelständige, kaum in einen kurzen Hals verlängerte Mündung. Diese Oeffnungen befinden sich in der fast unveränderten Oberhautschicht und gleichen weiss umrandeten, grossen Spaltöffnungen. So liegen die Sphaerien reihenweise in dem

*) In den Blättern derselben Festuca befand sich ein der Anguillula Dipsaci ähnlicher Fadenwurm. Diesen noch genauer zu studirenden Wurm entdeckte der Herr Apotheker Heinrich in Pommern bei Stralsund und hatte die Güte, mir denselben mitzutheilen. Der Wurm legt seine Eier gruppenweise in das Blattparenchym und stirbt dann neben diesen, die sogleich zu jungen Würmern sich weiter entwickeln, und wahrscheinlich, wie die A. Tritici, im ungeschlechtlichen Zustande an ihrer Geburtsstätte überwintern.

Parenchym zwischen den Rippen der bezeichneten Organe, ohne die Oberhaut zu heben. Das Zellgewebe des Grases ist in der, von den Sphaerien eingenommenen Gegend mehr oder minder vollständig durch Mycelium verdrängt, welches eine dichte Masse zwischen den Gefässbündeln bildet und meistens auch die Sphaerien unmittelbar umgiebt. Die dunkelgrau gefärbten Sphaerien bestehen aus einem dünnen, an dem Scheitel ein wenig mundförmig vorgezogenen Rindengewebe, dessen äussere Zellen, wie Fig. 10 erkennen lässt, grösser, dunkelgefärbt und etwas dickwandiger sind wie die kleineren, inneren, sehr zarten, hellgefärbten. Die sehr grosse Höhlung des Pilzes ist angefüllt mit einer weissen Substanz, die aus zarten cylindrischen, an beiden Enden abgestutzten und hier mit einer Haarkrone besetzten Sporen besteht (Figur 11). Wie es scheint, entstehen diese Sporen einzeln auf sehr zarten Stielen, welche der inneren Wandung des Peritheciums entspringen, wenigstens sieht man an zarten Schnitten ringsherum Sporen so an der Wandung stehen, als seien sie von den zarten fadenförmigen Fortsätzen derselben getragen, doch habe ich dies mit völliger Sicherheit nicht erkennen können.

Aus der unverletzten, in Wasser gelegten Sphaerie quellen diese Sporen in einem continuirlichen Strome lange ununterbrochen hervor und trennen sich beim Bewegen des Wassers leicht von einander. Die an jedem Ende der Sporen im Kreise aufsitzenden sehr zarten Haare sind nicht einfach, sondern meistens in halber Länge einmal gegabelt; ihre ganze Länge ist etwa der halben Sporenlänge gleich; sie stehen pappusartig, trichter- oder radförmig ringsum starr ab.

Der spindelförmige Körper der Sporen ist zum Theil undurchsichtig, scheinbar eiweissartig, zum Theil lässt er 2—4 gallertartig erscheinende Körperchen erkennen, an deren Stelle, nachdem die Sporen einige Zeit im Wasser lagen, sich kleine zartwandige Bläschen vorfinden, die ohne Zweifel schon vorher dort waren, aber eingehüllt in dem eiweissartigen Stoffe, der zugleich ihre Höhlung anfüllt. In vielen Sporen vergrössern sich zwei dieser Bläschen — und zwar diejenigen, welche sich in der Nähe der beiden Enden der Spore befinden — nach der Mitte dieser hin so weit, dass sie dieselbe endlich gänzlich ausfüllen und in deren Mitte durch ihr Aneinanderlegen eine zarte Querwand bilden. Neben dieser Scheidewand schwellen sie mehr und mehr

an, so dass eine jede birnförmig, die cylindrische Spore aber mehr oder minder bisquitförmig wird (Fig. 12).

Die durch fortdauerndes centripetes Wachsthum der beiden Tochterzellen auf die wahrscheinlich nicht mehr wachsende Mutterzelle ausgeübte Spannung ist ohne Zweifel die Ursache, dass die Spore darauf an dieser Stelle des Zusammentreffens dieser beiden sich in dieser Richtung vergrössernden Zellen durchbricht (Fig. 13)*), wobei jedoch die beiden Hälften an einer Seite ganz in der Regel noch lange aneinander haften bleiben, während eine der beiden auf diese Weise noch zusammenhängenden Tochterzellen in gleichem Sinne sich zu verlängern fortfährt und zu einem mit körniger Flüssigkeit gefüllten Keimschlauche heranwächst (Fig. 14, 15).

Die haarförmigen Anfänge der Sporen bleiben wohl erhalten, bis der Keimschlauch eine nicht unbedeutende Grösse erreicht hat; später jedoch werden sie undeutlich und sind endlich nicht mehr zu erkennen. Damit ist denn das Criterium über die Natur der Mycelien verloren gegangen, welche sich später an der Stelle finden, wo diese Keimschläuche sich entwickelten, so dass Verwechselungen möglich sind. Mir schienen jedoch die Mycelien durch ihre grosse Zartheit den Keimschläuchen so ähnlich, dass ich glaubte, sie für Producte der letzteren nehmen zu dürfen, zumal sie sich an den Stellen des Objectträgers fanden, wo die meisten Sporen gekeimt waren. Uebrigens wuchsen sie auf dem in feuchter Luft befindlichen Objectträger ausserordentlich

*) Ganz ähnliche Erscheinungen wurden bei der Vermehrung der Gliedzellen der Oedogonien, Spirogyren und ähnlicher Confervaceen beobachtet (Gesammelte Beiträge pag. 375, 427, Taf. XXIII und XXV). — So geeignete Objecte auch im Allgemeinen die Pilze für das Studium der Zellenentstehung und deren Entwickelung geben: so sind diese Sporen dennoch theils wegen der zu geringen Grösse, theils wegen des eiweissartigen, undurchsichtigen Inhaltes, in welchem die Kernzellen eingebettet sind, für Ersteres nicht brauchbar, wohl aber kann man das Wachsen, die Vergrösserung der beiden Tochterzellen hier eben so deutlich wie in vielen anderen Pilz- und Algenzellen auf dem Objectträger beobachten. — Dass nur durch eine solche wirkliche Beobachtung der Zellenentwickelung, nicht durch hypothetische Combinationen verschiedener Entwickelungszustände von Cambiumzellen unsere Erkenntniss des Zellenlebens jetzt zu fördern ist: davon zunächst haben sich die Bearbeiter dieses Feldes unserer Wissenschaft zu überzeugen, damit wir endlich zu einem Abschlusse über diese wichtige Grundlage der Physiologie gelangen. Die Entstehung und die Entwickelung der Cambiumzellen wird nur mit Hülfe der Analogie jener wirklich beobachteten Entwickelungserscheinungen richtig beurtheilt werden können.

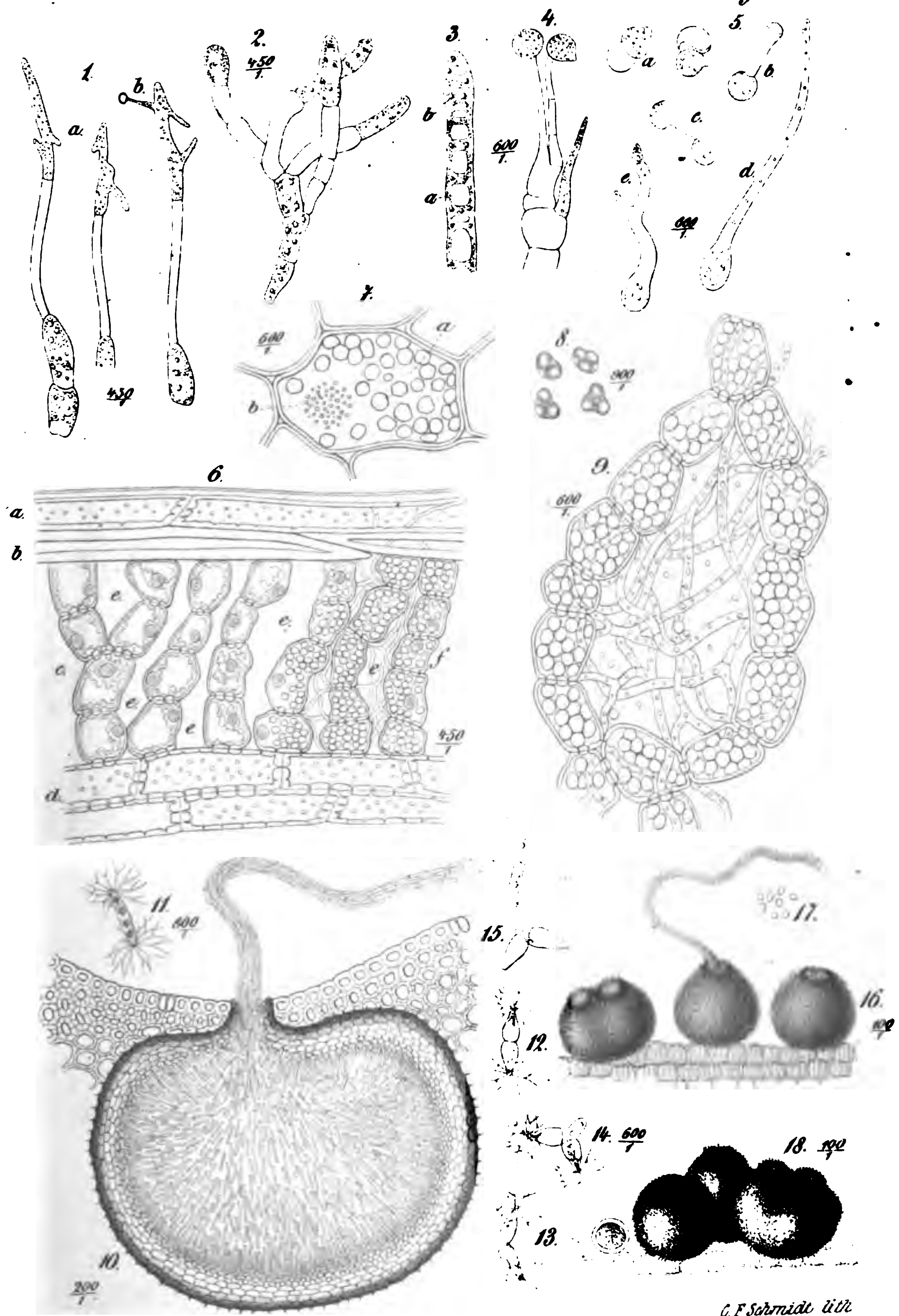
langsam und erst nach sechs Wochen erhoben sich einzelne Aeste hyphenähnlich, an deren Spitze einzelne sehr kleine, ovale, undurchsichtige, etwas dunklere Sporidien sich entwickelten. Neben den wenigen entwickelten Mycelien blieb die grösste Anzahl von Sporen unverändert, ohne zu keimen. Auf lebende Festuca gemachte Keimversuche blieben ohne Erfolg.

Neben den Sphaerien befand sich in dem Gewebe der Festuca ein zweites, durch etwas grösseren Durchmesser seiner Schläuche erkennbares Mycelium, von dem durch die Spaltöffnungen einzelne Zweige hinausgewachsen waren und Sporidesmiumsporen trugen. Ueber einen etwa stattfindenden Zusammenhang dieses Schimmels mit den Sphaerien habe ich keine Gewissheit erlangen können.

Da auch von diesem Kernpilze keine Schlauchsporen, vielmehr nur die eine Entwickelungsform beobachtet wurde, bleibt auch seine Verwandtschaft zur Zeit noch zweifelhaft. Das ziemlich dichte, weiche, sclerotienartige Mycelium, welches innerhalb der Nährpflanze die Perithecien umgiebt, erinnert an die S. (Graminis) Pers., deren Pycnidenorm die vorliegende vielleicht sein könnte.

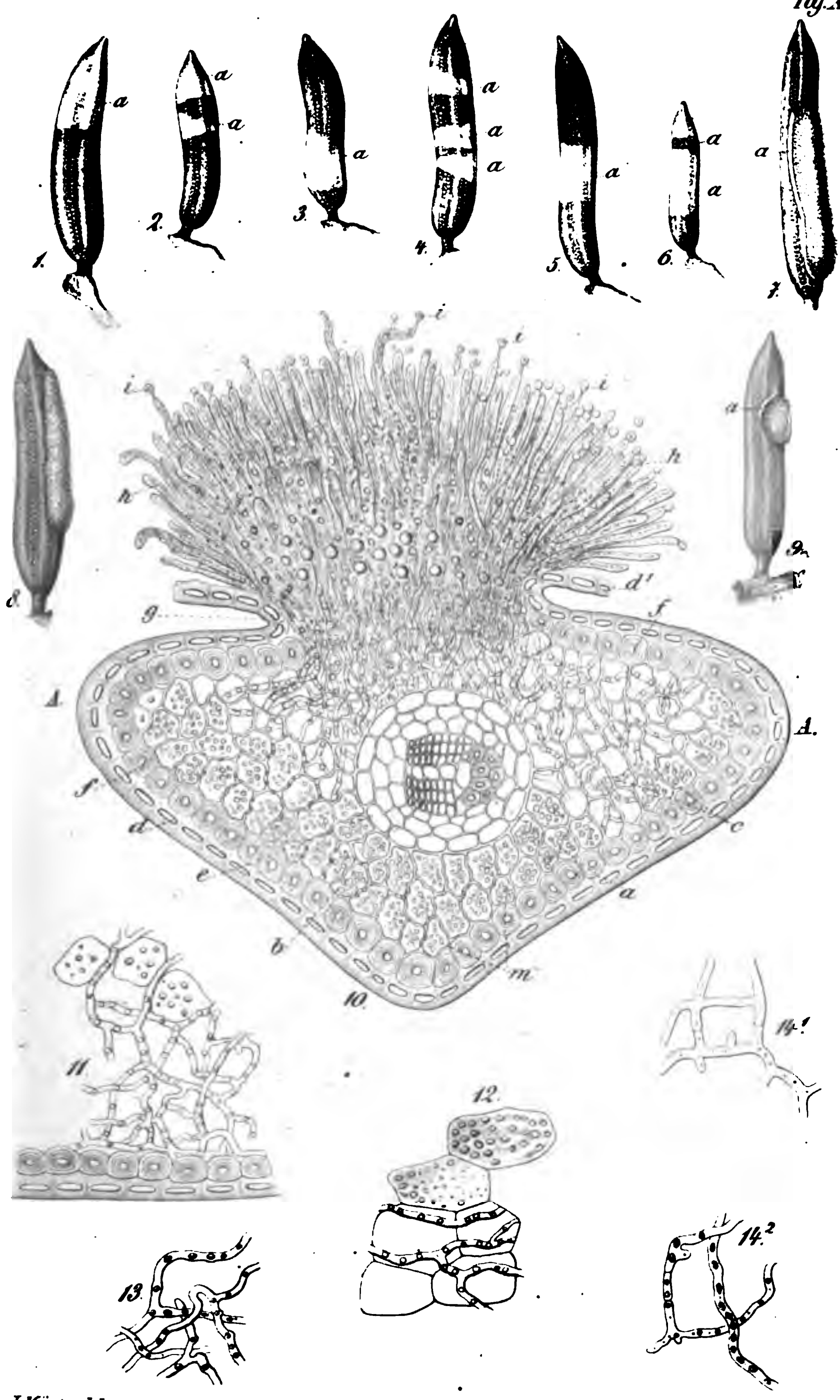


Berlin, Druck von W. Büxenstein.



1-9 M. Willkomm 10-18. H. Karsten del.

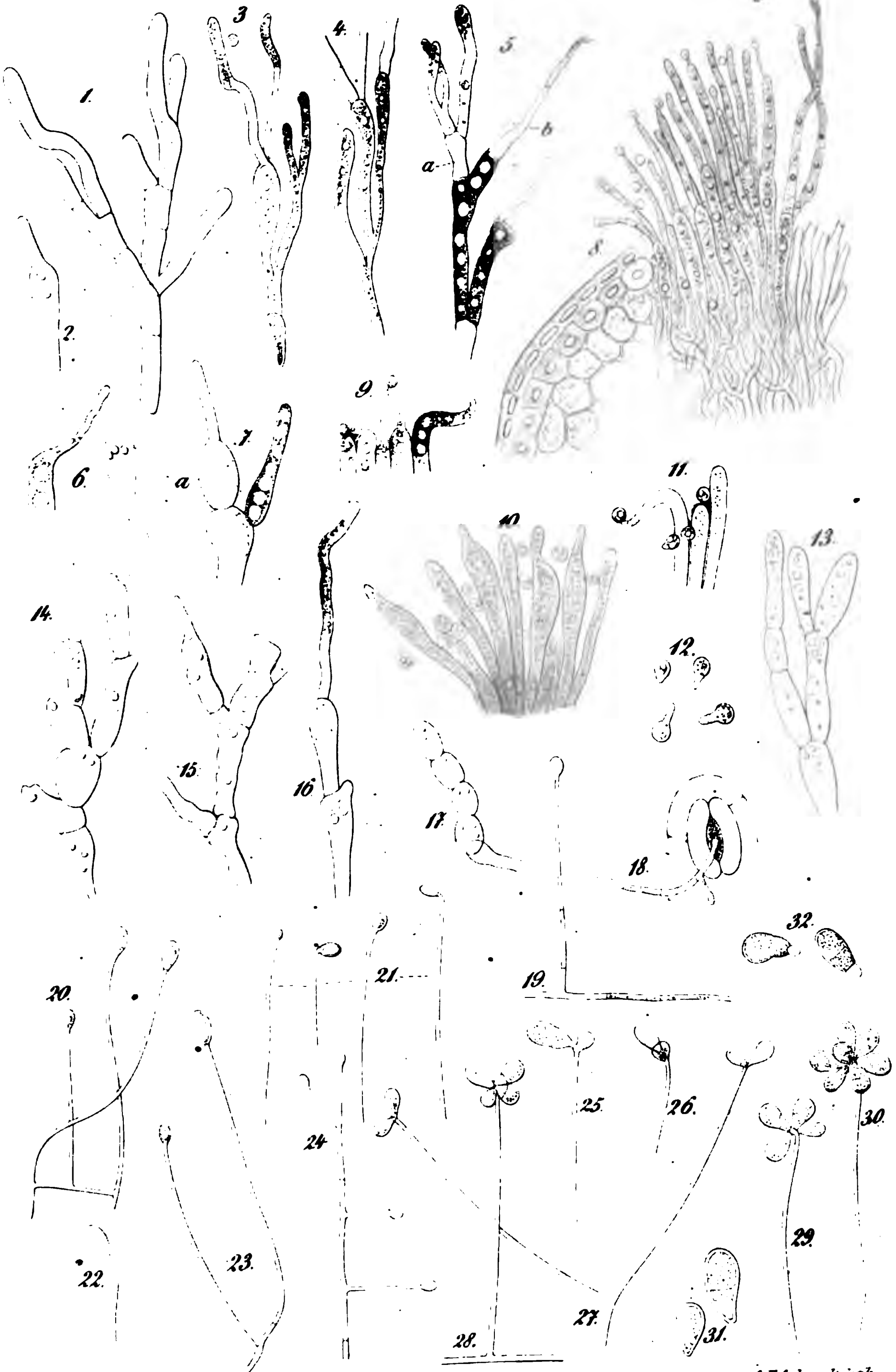
C. F. Schmidt lith.



J. Münter del.

C. F. Schmidt lith.

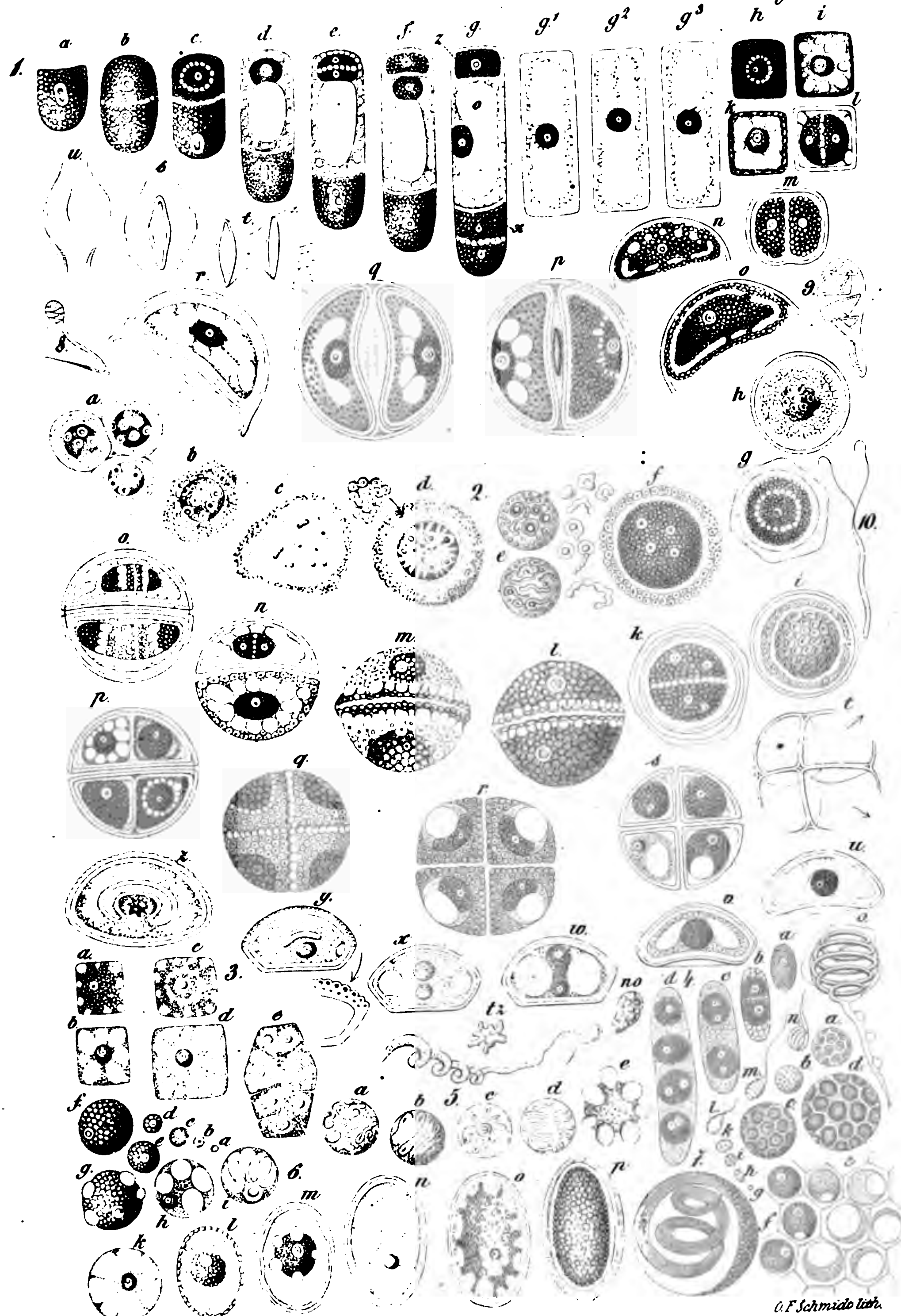
Taf. XVII.



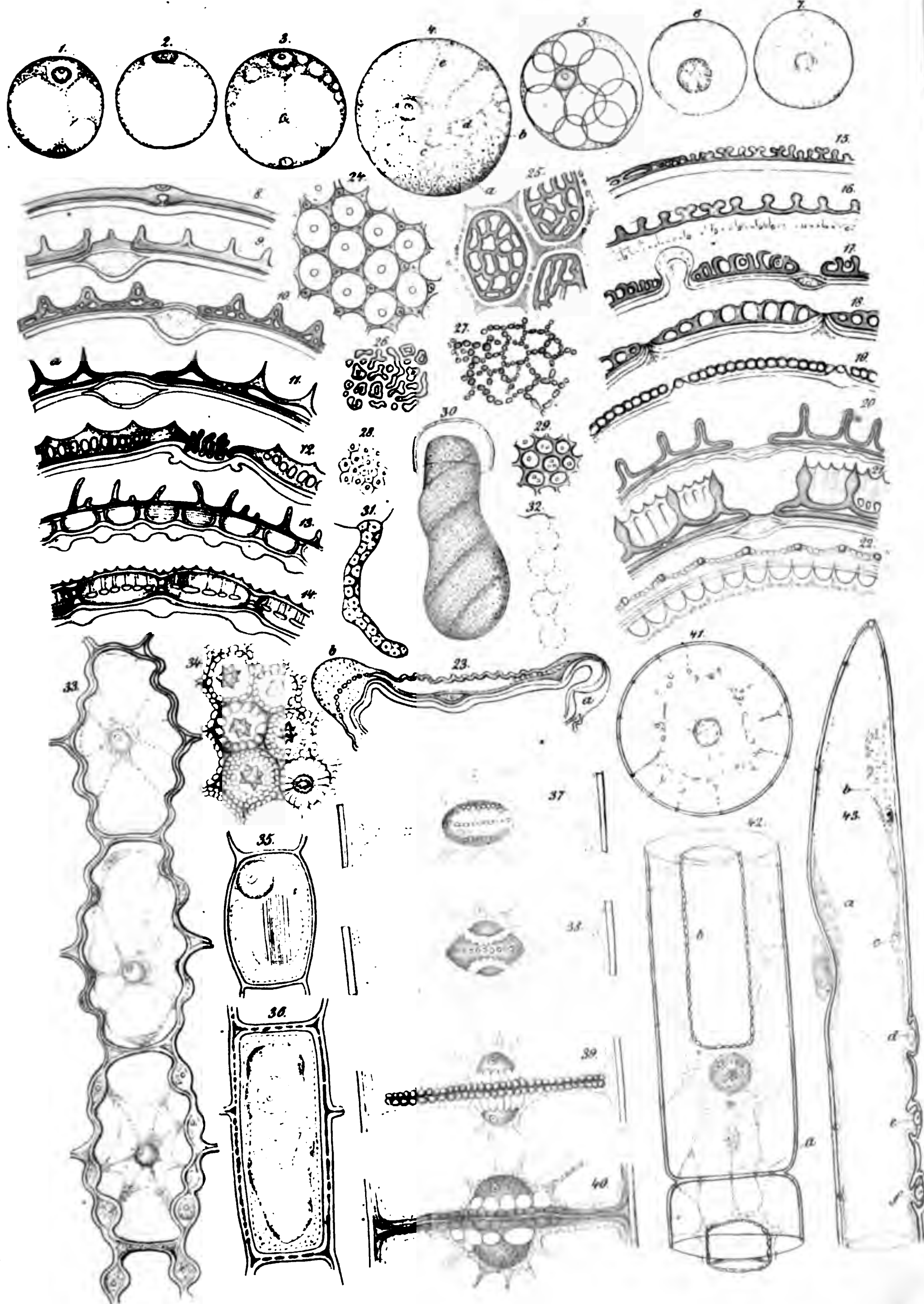
J. Münter del.

C. F. Schmidt lith.

Taf. XVIII.



Th. Hartig del.



Th. Hartig del. 1866.

Botanische Untersuchungen

aus dem

physiologischen Laboratorium

der

landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin.

Mit Beiträgen

deutscher Physiologen und Anatomen.

Herausgegeben

von

H. Karsten.

Viertes Heft.

Berlin.

Verlag von Wiegandt und Hempel.

1867.

Zur Naturgeschichte der Hefe.

Von

Hermann Hoffmann.

(Hierzu Tafel XXXIII.)*)

In meiner ersten Abhandlung über diesen Gegenstand (Botan. Zeitung 1860, S. 41 ff.) suchte ich nachzuweisen, dass der Ursprung der Hefe nicht auf Generatio spontanea zurückgeführt werden kann, dass es vielmehr zur Fernhaltung jeder gährungsartigen Zersetzung von organischen Flüssigkeiten genügt, wenn man, nach hinreichend langem Kochen derselben, das Hineinfallen von in der Luft schwebenden Sporen verhindert. Dass ferner weingeistige Gährung ohne Fermentpilze nicht existirt. In der zweiten (Bot. Ztg. 1865, S. 348) hatte ich mir die Aufgabe gestellt, den vegetabilischen oder botanischen Charakter der Hefe, ihre Stellung im Systeme zu ermitteln, und fand, dass die Bierhefe im Wesentlichen eine besondere Vegetationsform von Penicillium ist, und dass auch mehrere andere Schimmelpilze im Stande sind, unter geeigneten Umständen Hefe zu bilden. In der vorliegenden Arbeit werde ich mich bemühen, die Biologie der Hefe zu beleuchten.

Es schien mir von besonderem Interesse, die Naturgeschichte dieser merkwürdigen und in praktischer Beziehung so wichtigen Substanz möglichst allseitig zu durchforschen, theils weil wir hier das Leben in seiner einfachsten Form vor uns haben und ziemlich weit verfolgen können; theils weil es mir immer klarer wird dass demnächst die für den Menschen so wichtige Erforschung der Con-

*) Zum Druck übersendet am 20. November 1866. D. R.

tagien sich an die analogen Studien über die Hefe als derzeit einzige feste Stütze anzuschliessen haben wird. Endlich, weil bezüglich der Gährungstheorie selbst, wenigstens unter den Chemikern, noch immer Einige sind, welche der vitalistischen Ansicht hartnäckig widerstreben. Unter diesen steht Liebig, dem einst die Kenntniss dieser Phänomene einen so wesentlichen Fortschritt zu danken hatte, obenan. Es ist aber meine Ansicht, dass, so lange ein solcher Mann unter den Gegnern ist, die Sache noch nicht als abgethan betrachtet werden kann, und dass es sich wohl der Mühe lohnt, die Frage immer von Neuem und nach den verschiedensten Richtungen vorzunehmen.

Ich gebe aus einer der neuesten Liebig'schen Publicationen über dieses Thema eine kleine Auslese, damit vollkommen deutlich werde, worin die von ihm vertheidigte Ansicht von der meinigen abweicht, und damit man gleichzeitig kennen lerne, wie sich in seinen Augen die vitalistische Ansicht ausnimmt. Wir erhalten dadurch zugleich eine ganz bestimmte, klar bezeichnete Aufgabe, welche den Weg der Untersuchung fest bezeichnet.

J. Liebig, Chemische Briefe, Volksausgabe, 1865 (im Ganzen die 5. Auflage), p. 178:

„Ueber die Ursachen der so merkwürdigen Erscheinungen, welche nach dem Tode der Pflanzen und Thiere sich einstellen, und die ihre Auflösung in unorganische Verbindungen, ihr Verschwinden von der Erdoberfläche bewirken, haben sich einige Naturforscher und namentlich viele Physiologen und Aerzte eine eigenthümliche Ansicht gebildet, welche der Erwähnung kaum werth wäre, wenn sie nicht die Grundlage ganz falscher Vorstellungen über das Wesen des Lebensprocesses überhaupt und namentlich mancher pathologischer Zustände und gewisser Krankheitsursachen abgäbe."

„Sie betrachten nämlich die Gährung oder das Zerfallen höherer organisch-vegetabilischer Atome in einfachere Verbindungen als die Wirkung der Lebensäusserungen vegetabilischer, die Fäulniss oder denselben Vorgang in Thiersubstanzen als bedingt durch die Entwickelung oder die Gegenwart thierischer Wesen. Dieser Ansicht entsprechend, nehmen sie als einfache Folgerung an, dass die Entstehung von miasmatischen oder contagiösen Krankheiten,

insofern sie sich auf das Vorhandensein von Fäulnissprocessen zurückführen lassen, denselben oder ähnlichen Ursachen zugeschrieben werden müsse."

Hefe zersetze reines Zuckerwasser ohne Verbrauch, man bekomme — in neuer Form — alle Elemente des Zuckers wieder. „Wäre die Gährung erregende Eigenschaft abhängig von der Entwickelung, Fortpflanzung und Vermehrung der Hefezellen, so würden diese in reinem Zuckerwasser, in welchem die andere Hauptbedingung zur Aeusserung dieser vitalen Eigenschaften, die zur Erzeugung des Zellinhalts nothwendige stickstoffhaltige Substanz fehlt, keine Gährung hervorbringen können." (p. 180.)

p. 181: „Die Alkoholgährung, insofern sie von der Bildung oder Zersetzung von Pilzen begleitet ist, unterscheidet sich von anderen Gährungen, in denen keine pflanzlichen Gebilde wahrgenommen werden, dadurch, dass die Producte, die sich aus dem Kleber bilden, neben den chemischen noch gewisse vitale Eigenschaften besitzen; der Kleber, das Pflanzenalbumin, Pflanzencaseïn der Pflanzensäfte erregen Gährung, weil sie in Zersetzung übergehen; ihre Wirkung beruht auf dem Zustande des Wechsels der Form und Beschaffenheit ihrer Elementartheilchen; indem sie sich verändern und abgeschieden werden, nehmen sie in Folge der Mitwirkung anderer untergeordneter Bedingungen die Formen eines niederen Pflanzengebildes an, deren vitale Eigenthümlichkeiten auf einem Uebergangszustand beruhen und mit dessen Vollendung erlöschen. Als Pilz oder Alge hat die Hefezelle keine selbstständige Existenz." — Das lautet etwa, wie wenn man sagte: Eine Rose in einem Ballstrausse hat als Pflanze keine selbstständige Existenz; oder eine Kartoffel, welche im Keller in dem Halbdunkel lange, bleiche Sprossen treibt, hat als Pflanze keine selbstständige Existenz

„Wenn man die Gründe, womit diese vitalistische Ansicht gestützt und vertheidigt wird, näher beleuchtet, so glaubt man sich in das Kindesalter der Naturforschung zurückversetzt." (p. 181.)

p. 181: Die Beziehung der Gährungspilze zu den specifischen Gährungsproducten sei nicht nachgewiesen.

p. 182: „Thierchen etc. sollen die Ursache der Verwesung der

Thiere seien. Aber jene verwesen zuletzt auch, und liefern die nämlichen Producte!" (Harn ohne Zellen bleibt aber sauer.)*)

p. 182: „Die Fäulniss von der Gegenwart mikroskopischer Thiere abzuleiten, ist gerade so, wie wenn man den Käfern, die in Beziehung auf ihre Nahrung auf Thierexcremente angewiesen sind, oder den Würmern, die man im Käse findet, den Zustand der Zersetzung der Excremente oder des Käses zuschreiben wollte."

Die Aufbewahrung von Gemüse in Blechbüchsen wird p. 174 immer noch durch Inertwerden des Sauerstoffes in der Siedhitze erklärt. Es „wird während des Erhitzens die geringe Menge Sauerstoff, welche mit der Luft in die Flasche eingeschlossen worden war, von den Bestandtheilen des Saftes aufgenommen und damit die Ursache einer jeden weiteren Störung entfernt. Es gährt jetzt nicht mehr und bleibt süss (Traubensaft), und dieser Zustand hält sich, bis die Flasche geöffnet und mit der Luft wieder in Berührung gebracht wird. Von diesem Augenblicke an stellt sich die nämliche Veränderung wieder ein, welche der frische Saft erleidet; nach wenigen Stunden befindet er sich in voller Gährung, die durch Aufkochen ganz wie im Anfange unterbrochen und aufgehalten werden kann." (p. 174.) Ich habe aber nachgewiesen, dass diese Substanzen auch bei freiem Luftzutritt nicht zersetzt werden, gähren oder faulen, wenn man nur den Zutritt organischer Keime hindert.

Hiernach kommt es darauf an, zu beweisen, dass die Hefe lebt, organisirt ist, und nur im lebenden Zustande Gährung zu veranlassen vermag. —

1. Der Hefepilz (Fig. 8 und 1). Er besteht bei der Bierhefe, welche uns hier zunächst beschäftigen soll, aus rundlichen, farblosen Zellen von ziemlich gleicher Grösse, in derem Inneren man, im normalen, lebenskräftigen Zustande, eine, seltener zwei, scharf umschriebene Vacuolen bemerkt, welche, wie gewöhnlich, röthlich schimmern, während das Plasma, welches den übrigen Theil ausfüllt, einen Stich in's Grünliche zeigt. Diese Vacuole ist mit

*) Unzweifelhaft werden alle feuchten organischen Stoffe, sowie thierische und pflanzliche Flüssigkeiten bei Luftzutritt allmählig oxydirt und weiterhin zersetzt; aber jene besondere Form der Zerlegung (unter Spaltungserscheinungen), welche wir Gährung (insbesondere weingeistige Gährung) und Fäulniss nennen, ist wesentlich bedingt durch die Mitwirkung mikroskopischer, lebender Organismen. Die Producte sind zunächst in beiden Fällen keineswegs dieselben.

wässeriger Flüssigkeit erfüllt, in welcher häufig ein oder einige Körnchen suspendirt sind, welche sich — anscheinend molecular — bewegen. Der Pilz ist typisch einzellig, er ist eine besondere Vegetationsform des Myceliums, vorzugsweise von Penicillium glaucum, seltener von Mucor racemosus Fres., bisweilen beider zugleich, und auch noch anderer Schimmelpilze, welche man mit Sicherheit daraus erziehen, auch wieder rückwärts in dieselbe Hefe verwandeln kann, worüber das Nähere in meinen früheren Mittheilungen nachzusehen ist (Bot. Ztg. 1865, S. 348). Hinzufügen will ich hier, dass auch auf stickstoffreicherem Substrate, als einem Kartoffelabschnitte, dasselbe Penicillium rein für sich aus Hefe entstehen kann, so z. B. auf Faeces (nach vorherigem Trocknen vorübergehend abgekocht und dann erkaltet).*) In anderen Fällen sah ich aus Hefe auf Faeces reinen Mucor Mucedo L. entstehen (Sow. t. 379. Fresen. Beitr. t. 1, Fig. 1—12). Nach de Bary ist diese Species mit M. racemosus Fres. durch Uebergangsformen verbunden. — In einem Falle entstand aus Hefe auf Schafkoth (Behandlung wie vorhin) ein Rasen von Sporotrichum (? murinum, Bonord. f. 145). (Aus der Hefe des Apfelmostes, in der Form der Bierhefe ziemlich ähnlich, erzog ich auf Kartoffelstückchen gleichfalls [und zwar neben einander gleichzeitig] Penic. gl. und Mucor Mucedo L.) — Die Vermehrung der Hefezelle geschieht dadurch, dass an einem Ende oder etwas seitwärts davon (bei den ovalen Zellen) oder an einer beliebigen Stelle der Oberfläche (bei der Kugelform) sich eine knospenartige Auftreibung bildet; ich will sie Gemme nennen. (Ich werde überhaupt eine Anzahl neuer Kunstausdrücke gebrauchen müssen, welche das Verständniss zu erleichtern und die Darstellung abzukürzen bestimmt sind. Wenn sie der Leser nur so

*) Auch auf abgekochtem Fleische habe ich Penicillium aus Sporen unverändert züchten können, ohne Auftreten von Mucor, welchen de Bary, im Gegensatze zu meinen Beobachtungen, in denselben Formenkreis zieht. Ebenso habe ich Penicill. glauc. im Dunstrohre (Bot. Ztg. 1865, p. 348, Fig. A.) auf Faeces vom Menschen bis jetzt nur ganz unverändert und rein (ohne Mucor) wieder erhalten.†) — Auch Rhizopus nigricans, aus feuchtem Brod neben Penicill. gl. entwickelt, ergab bei der Reincultur auf Kartoffelstückchen bei reiner Aussaat nichts als Rhizopus.

†) Anders nach Hallier: Penicill. gl., auf ausgekochte menschliche Faeces gesäet, producire Mucor. Man soll bei diesem Versuche nicht zu viel Flüssigkeit anwenden, weil sich sonst nur die ordinäre Penicilliumform ausbilde (cf. Bot. Ztg. 1866, p. 240). — In meinen Versuchen war die Substanz eben nur feucht.

länge im Sinne behält, als ihn die Lectüre dieses Aufsatzes beschäftigt, so ist ihr Zweck erreicht.) Diese Gemme wächst heran, wird gleich gross mit der Ursprungszelle, bildet eine Vacuole aus und schnürt sich zuletzt ab. Seltener bleiben mehrere solche Zellen im Zusammenhang (Fig. 13) und bilden so die Büschel- oder Hormiscium- oder Torula-Form, welche sich durch starke Neigung zur Bildung von Zweigen auszeichnet.

Ausserdem findet man in der Hefemasse noch kleinere Hefezellen (Fig. 8 k), welche durch — übrigens sehr vereinzelte — Uebergänge mit den bei Weitem überwiegenden mittelgrossen oder normalen Hefezellen verbunden sind. Ferner bemerkt man häufig (nicht immer) einzelne Bacterien (Fig. 8 b) oder kurze Ketten derselben, in Bewegung oder ruhend, neben den Hefezellen; ihre Zahl nimmt nach einigen Tagen zu. Ferner eben so häufig — aber nicht immer — Leptothrixfäden (Fig. 12 e) und Spirillen (Fig. 12 s), letztere oft in lebhafter, schlängelnder Bewegung.*) — Endlich findet man in der Hefe vereinzelte Stärke-körner, — sonst nichts. — Bleibt die Hefe nach beendigter Gährung am Boden der Gährflüssigkeit bei Luftzutritt sich selbst überlassen, so stirbt sie allmählig ab, wird bei gewöhnlicher Zimmertemperatur schon nach 8 Tagen weniger wirksam; nach 3 Monaten ist sie fast vollstndig todt und gänzlich inert; man kann mit ihr keine Zuckerlösung vergähren. Doch ist es mir neben mehreren Fehlversuchen einmal (unter allen Cautelen) gelungen, auf einem abgekochten Kartoffelabschnitte, welcher mit dem untersten, wenig verfärbten Bodensatze der alten Hefe geimpft worden war; einen kräftigen Rasen von Penicillium zu erziehen, welcher bald das ganze Substrat überwucherte. Die Hefe war vom 29. April bis zum 7. October im Zimmer (unter Korkverschluss) in einem Glase aufbewahrt. — Dabei ändert sich ihr Aussehen vollständig (Fig. 3). Der Umfang der todten Zellen zeigt einen doppelten Contour, eine deutliche Zellwand; die Vacuole ist verschwunden; das Plasma unregelmässig in körnigen Massen hier und da zusammengehäuft (granulöser Zustand). Ja die Veränderung kann in einzelnen Fällen so weit gehen, dass man nichts mehr als die nackte Zellwand sieht (Fig. 4); aller sichtbare Inhalt

*) Bacterien und Leptothrix stehen nach meinen Beobachtungen in keinem genetischen Zusammenhange mit der Hefe.

ist dann verschwunden. Als Beweis des wirklichen Todes im granulösen Zustande kann auch der Umstand dienen, dass in diesem Falle durch frische Carmindinte das Plasma binnen 24 Stunden intensiv gefärbt wird, was bei frischer Hefe durchaus nicht Statt findet. (Schwarze Alizarindinte zeigt diese Reaction nicht.) — Jodtinctur färbt die Hefezellen gelb, die granulösen besonders intensiv. — Ganz vereinzelt finden sich indess in alter Hefe auch pralle, plasmastrotzende Hefezellen vor, welche, wenn auch ohne Vacuole, doch noch lebendig scheinen.

2. Die Gährung. Für sämmtliche nachfolgend zu schildernden Versuche wurde, als die geeignetste Gährflüssigkeit, gekochtes und wieder erkaltetes Honigwasser benutzt (18 p. Cub.-Zoll oder etwa $\frac{2}{3}$ Schoppen h. d. Wasser auf $\frac{1}{2}$ C.-Z. oder etwa 3 Theelöffel voll Honig). Füllt man mit dieser Flüssigkeit ein kleines Reagenzrohr (von 15 Cm. Länge und 1,7 Cm. Durchmesser) bis zur Hälfte (also mit etwa $\frac{4}{5}$ C.-Z.) Honigwasser und mischt dazu eine kleine Quantität frischer, durch 3—5 Stunden abgesetzter Hefe — nach Abschütten der überstehenden Flüssigkeit — (ich wandte immer $\frac{3}{100}$ p. C.-Z., d. i. einen kleinen Puppenlöffel voll, an); so setzt sich nach vorhergegangenem Schütteln sehr bald die Hefe zu Boden und bildet einen dichten Satz von unreiner Fleischfarbe. Alsbald beginnt denn auch die Gährung in Form feiner Gasblasenentwickelung.*) Nach vollendetem Absatz erkennt man, dass die Gasblasen stets aus einer oder mehreren Stellen der Hefemasse hervortreten, und zwar immer an der Oberfläche derselben, niemals auf der Unterfläche oder dem Boden. Allmählig sammelt sich an der Oberfläche der Flüssigkeit, anfangs in feinen Gasperlen, ein Schaum an, der endlich eine mässige Höhe erreicht; vorübergehend findet man in ihm Hefezellen suspendirt, welche von den aufsteigenden Gasblasen mit in die Höhe gerissen wurden, — ein Schauspiel, welches im Kleinen an steigende Raketen erinnert. — Nach 3—4 Tagen (je nach der Temperatur kann dieser Zeitraum sogar von 2—7 Tagen schwanken) ist die Gährung vollendet, es steigt kein Gas mehr auf, der Schaum verschwindet bei ru-

*) Zusatz einer stickstoffhaltigen Substanz ist nicht nöthig, da der Honig stets dergleichen (als Pollen u. s. w.) enthält. — Vgl. auch bez. reinen Zuckerwassers: Pasteur in Ann. chim. phys. 1860, Avril, 404. 405. 408. 419.

higer Gährung und bei der hier angewandten Zusammensetzung der Gährflüssigkeit zuletzt wieder vollständig. Die Flüssigkeit enthält noch Zucker (nach Ausweis der Fehling'schen Probe, welche auf ausgewaschene, zuckerfreie Hefe allein nicht wirksam ist). Die Ursache, warum die Hefe zu vergähren aufhört, mag in dem entwickelten Alkohol, oder in der rasch zunehmenden Säure der Gährflüssigkeit begründet sein, welche im frisch bereiteten Zustande fast neutral ist (s. u.).

Man sieht jetzt in der ruhenden Flüssigkeit unten den Hefesatz, darüber das völlig klare Fluidum. Nach etwa 5—6 Tagen (mitunter — bei warmem Wetter — schon vom 4. Tage an) bildet sich auf der Oberfläche eine Pellicula proligera, anfangs wie ein zarter Hauch, der gleichzeitig auf der ganzen Oberfläche erscheint und dieselbe opak macht; allmählig stärker werdend, doch noch ohne inneren Zusammenhang, von rein weisser Farbe, wenn die Gährung ruhig verlief. Dieselbe ist specifisch weit leichter als die Normalhefe (des Bodensatzes) und lässt sich durch Schütteln nicht bleibend untersenken; vielleicht in Folge des Anhaftens eines zarten Luftüberzuges. Sie besteht (Fig. 11) aus kleinen stabförmigen Zellen, von grosser Feinheit, einfach, in Ketten oder verzweigt. Darunter in ziemlicher Anzahl sehr kleine Hefezellen,*) welche aber nicht vacuolisirt sind, sondern einen oder zwei deutliche Plasmakerne besitzen; ferner aus unmessbaren Molekülen, Pünktchen und lebenden Bacterien. Drei Tage später ist diese lockere Membran stark gerunzelt, fester zusammenhängend und verfilzt, mehr oder weniger reich an Mycelfäden (Fig. 20), welche durch Weiterwachsen der stabförmigen Zellen entstanden sind. Auch einzelne grössere Hefezellen sind beigemischt, haben aber kurze Fäden (statt Gemmen) getrieben (Fig. 19. 20). Nach weiteren 10—14 Tagen hat sich aus dieser Pellicula ein dicker Rasen mit fructificirendem Penicillium glaucum entwickelt.**)

*) Eine solche reine und weisse Pellicula erhält man vorzugsweise, wenn die Gährung sehr ruhig und stetig — bei c. 15° — vor sich ging, oder wenn die Gährung durch vorherige längere Erwärmung auf 60—70° — s. u. — etwas verzögert worden ist. Bei stürmischer Gährung bleibt viel Schaum oben sitzen, die Pellicula ist daher nicht scharf abgegrenzt, dabei etwas hefefarbig, und enthält dann auch eine grössere Zahl von im Schaume haften gebliebenen ordinären Hefezellen.

**) Einmal habe ich aus der Pellicula bei Reincultur binnen 2—4 Wochen

Der Ursprung dieser Pellicula kann nicht zweifelhaft sein. Sie stammt von den kleineren, an die Oberfläche gestiegenen und hier haften gebliebenen Hefezellen, nicht aus der Luft, denn sie entsteht auch unter Verschluss des Gährrohres mittelst eines Wattepfropfes. Und wenn man dieselbe abgekochte Honigflüssigkeit, aber ohne Hefezusatz, in einem gleichartigen Gefässe offen an der Luft stehen lässt, so entwickelt sich sehr langsam, mitunter erst nach vielen Wochen, ein Pilz an der Oberfläche, oder — in der Flüssigkeit schwebend — auch wohl tiefer, offenbar aus hineingefallenem Staube; und zwar nicht in Form einer lockeren, gleichmässigen Pellicula, sondern isolirt oder in Gruppen von Mycelmassen, welche büschelartig fest zusammenhängen. —

3. Wie geht nun die Gasentwickelung vor sich?

Bringt man auf einer Glasplatte einen Tropfen Hefe in einige Tropfen Honigwasser, so sieht man selbst nach Stunden keine Spur von Gasentwickelung, weder mit blossem Auge, noch mittelst des Mikroskopes. Es ist zwar Gas entwickelt worden, aber es ist unmerklich in die Luft diffundirt. — Bedeckt man dagegen die Flüssigkeit mit einem Deckgläschen, so sieht man schon nach 10 Minuten hier und da kleine, rasch sich vergrössernde, kreisrunde Gasblasen,*) welche bald da und dort zusammenfliessen und gewundene, abgerundete Figuren bilden, erinnernd an die einzelnen Stücke eines Geduldspieles. Die mikroskopische Beobachtung zeigt unzweifelhaft, dass diese Gasblasen nicht aus den einzelnen Hefezellen oder selbst Gruppen derselben hervorkommen, sondern sich an beliebigen Stellen oft ziemlich entfernt davon zeigen. Es ist sicher, dass das Gas nicht als solches, sondern in Lösung abgeschieden wird und erst dann Gasform annimmt, wenn die Flüssigkeit in der Nachbarschaft damit übersättigt ist.

4. Was nun die beschriebene Pellicula betrifft, so tritt sie also, wie gesagt, unter normalen Verhältnissen zu einer Zeit auf,

im Dunstrohre einen grossen Rasen von unvermischtem Verticillium (Sporotrichum) ruberrimum — Bonord. f. 166 — erzogen. In einem anderen Falle entwickelte sich ein reiner Rasen eines Oidium oder Cylindrium, nicht verschieden von demjenigen, welches ich früher als eine Nebenform von Mucor racemosus beschrieben und abgebildet habe (Ic. anal. Fung. t. 20 f. 16 ff.)

*) Auch wenn man den Rand des Deckgläschens mit Wachs verschliesst, also den Luftzutritt verhindert, geht die Gasentwickelung in gleicher Weise vor sich.

wo die Gährung bereits vorüber ist. Aber auch wenn dieselbe — unter später zu schildernden Umständen — ohne vorläufige Gährung allein und direct auftritt, sieht man keine Gasentwickelung durch sie selbst veranlasst. Da sie aber, ebenfalls abnorm, gelegentlich vor oder endlich gleichzeitig mit dem Gährschaume an der Oberfläche auftreten kann, so ist einleuchtend, dass im letzteren Falle nicht sie an dieser Gasbildung betheiligt sein wird, um so weniger, als der Augenschein lehrt, dass das Gas hier, wie immer, aus der Tiefe aufsteigt. Aber es entsteht die Frage, ob die Zellen der Pellicula überhaupt zur Gasentwickelung unfähig sind, oder ob nur deshalb keine Gasentwickelung sichtbar wird, weil es, wie sub 3, sofort von der Pellicula aus in die Luft diffundirt. Um dies zu ermitteln, habe ich wiederholt kleine Portionen dieser Pellicula in dem von mir früher beschriebenen*) Gährapparate mit Honigwasser angesetzt und jedesmal mehr oder weniger, in einem Falle in 12 Tagen ½ p. C.-Z. Gas erhalten, welches fast vollständig durch Kalilauge absorbirt wurde, also Kohlensäure war.**) Sie ist also, wie die Normalhefe, gährungsfähig; wobei nicht zu entscheiden ist, ob dies ausschliesslich durch die darin reichlich vertretenen kleinen Hefezellen veranlasst ist, oder auch durch die stabförmig gekeimten Zellen. Aber sie ist auch im botanischen Sinne nicht wesentlich verschieden von der Hefe des Satzes, denn ich konnte aus ihr, wie gesagt, gleichfalls Penicill. gl. erziehen. Wir haben also in der Pellicula eine, wie es scheint, durch die unmittelbare Berührung mit der Luft veranlasste, besondere Vegetationsform der kleineren Hefeform (Fig. 8k) vor uns, welche wir als fein stabförmige oder feine Stabkeimung bezeichnen wollen; eine Form, welche auch die normalgrosse Hefe unter

*) Bot. Ztg. 1865, p. 348, Fig. B.

**) Es ist beachtenswerth, dass in diesem Falle, also in Berührung mit Kohlensäure, zwar, wie selbstverständlich, sich oben Schaum bildet, nicht aber, selbst nach Wochen, eine Pellicula oder gar Penicillium-Fructification. Es ist hieraus zu schliessen, dass beide zu ihrem Zustandekommen des Sauerstoffes bedürfen. Also ein chemisch ganz und gar verschiedenes Verhalten derselben Pflanze auf verschiedenen Lebensstufen, analog den Phanerogamen (bezüglich des Keimlebens und der späteren selbstständigen Existenz), nur gewissermassen gerade umgekehrt, da die Hefepflanzen mit der Kohlensäure-Abscheidung (aber nicht als Oxydationsproduct) beginnen, dann aber in ein Stadium übertreten, wo sie Sauerstoff aufnehmen, was aber hier mit anderen Producten (Essigsäure etc. statt Kohlensäure) einhergeht.

später anzugebenden Umständen annimmt. Für vorliegenden Fall aber bleibt es charakteristisch, dass die Pellicularhefe durch besondere Kleinheit und Feinheit ausgezeichnet ist, womit Undeutlichkeit der Vacuolen Hand in Hand geht. Vielleicht ist gerade diese Kleinheit mit eine Ursache, dass diese Zellchen, anfangs vereinzelt und deshalb unsichtbar an der Oberfläche der Gährflüssigkeit haften bleiben, während die Hefezellen von normaler Grösse wieder bald zu Boden sinken.

5. Temperatur. Das Leben der Hefe wird bekanntlich durch Gefrieren nicht vernichtet, vorausgesetzt, dass man beim Aufthauen vorsichtig und langsam zu Werke geht. (Ich kann dies aus eigener Beobachtung bestätigen.) Die Gährung beginnt, allerdings schwach, bei 2—4° C.; ist sie einmal im Gange, so setzt sie sich auch bei 1° noch erkennbar durch feines Blasensteigen fort. Es mag dies in Zusammenhang stehen mit einer partiellen Temperaturerhöhung in der Flüssigkeit selbst, denn es ist bekannt, dass durch die Gährung für sich bedeutend Wärme entwickelt wird.*) (Es erinnert dies an ähnliche Unterschiede bezüglich der Temperatur, bei welcher die Sauerstoffabscheidung der Blätter beginnt, und welche höher ist als jene, bei welcher der einmal eingeleitete Process sich fortsetzt.) Bei gewöhnlicher Zimmertemperatur (meine Versuche beginnen mit dem Februar 1866 und endigen mit dem November, also bei 16—25° C.) geht sie mit Lebhaftigkeit vor sich; bei höheren Temperaturen wird sie ausserordentlich beschleunigt, bei 60—65° stürmisch, rasch verlaufend, bald abgebrochen; bei 70° und noch höheren Temperaturen dagegen hört sie schnell auf, oder tritt überhaupt nicht ein.

Der Einfluss höherer Temperaturen auf die Hefe ist ein sehr bedeutender und im Stande, ihre ganze Natur wesentlich zu ändern. Doch ist es nicht gleichgültig, ob die Einwirkung allmählig oder plötzlich Statt findet, ob sie kurz oder lange dauert, ob im trockenen oder nassen Zustande der Hefe.

6. Lässt man höhere Temperaturen, etwa 70° C., auf die vorbereitete Gährflüssigkeit (s. o.) einwirken, so zeigen sich zunächst bemerkenswerthe Vorgänge und Veränderungen an der

*) In den Gährbottichen des Bieres beträgt die Erhöhung der Wärme 10 bis 15° C.

Hefe selbst. Es tritt nämlich alsbald eine Art Coagulationsprocess des Plasmas ein (Fig. 2), der conglobirte Zustand, wobei sich das Plasma in dichten klumpigen Massen von der Zellwand mehr oder weniger zurückzieht, während die Vacuole vollkommen verschwindet, und die ganze Zelle verschrumpft und oft eckig wird. In diesem Zustande ist die Hefe, wenn auch zunächst noch lebendig, nicht fähig, Zucker in Kohlensäure und Alkohol zu zerlegen oder Gemmen zu treiben. Selbst bei Erwärmung auf 76 und 80° ist die Hefe noch nicht todt; sie wird zwar unfähig, Gas zu entwickeln; dass sie aber noch lebt, beweist der Umstand, dass nach einiger Zeit auf der Oberfläche der Gährflüssigkeit sich eine Pellicula und weiterhin Penicillium ausbildet (unter Schutz durch einen Wattepfropf). Hat man auf 84° erhitzt, so bleibt es bei diesem conglobirten Zustande, und es tritt auch weiterhin keine Gährung oder Pellicula mehr auf, selbst wenn man das Präparat viele Wochen lang stehen lässt, wobei selbstverständlich die Hefe allmählig zersetzt wird. (Merklich tiefer fand ich früher die Tödtungstemperatur für die Sporen von Uredo destruens im feuchten Zustande, nämlich 74—78,5° C. bei einstündiger Erwärmung. Jahrb. f. wiss. Bot., II. 1860, p. 324. Bei saftigen Haarzellen von Phanerogamen und mehreren Algen wurde [von Anderen] die Tödtungstemperatur weit niederer gefunden, aber vielleicht mit der Erstarrungstemperatur verwechselt, da man in diesen Fällen nicht wohl, wie bei der Hefe, warten kann, ob das Leben noch nach 4—8 Tagen wiederkehrt.) — Hat man jedoch dieser Temperatur sich nur genähert, (70°), ohne sie wirklich zu erreichen, so stellt sich nach einigen Tagen*) die frühere Vertheilung des Plasmas wieder her; also Wasserausstossung und Wiederaufnahme wie bei der Vacuolenbildung der Myxomyceten und in anderen Fällen; und mit dem Momente, wo die Vacuolen wieder auftreten, tritt auch wieder die Gasabscheidung ein. Diese vacuolisirten Hefezellen sind von geringerem specifischem Gewichte; man trifft bei der mikroskopischen Beobachtung zunächst auf sie, erst bei tieferer Einstellung auf die

*) Bei Erwärmung auf 55° (durch 3 Stunden) erschienen die Vacuolen am 3. Tage wieder. An demselben Tage nach rascher Erwärmung auf 72°. Nach ebensolcher auf 73° dagegen erst am 4. Tage.

conglobirten. — Es dürfte daraus hervorgehen, dass die Zuckerzersetzung nicht an der Oberfläche der Zelle, nicht durch den Contact mit der Zellwand bedingt ist, da an dieser in beiden Zuständen, dem der Wärmestarre*) und dem normalen, sich Aenderungen wenigstens nicht nachweisen lassen; dass sie vielmehr auf einer bestimmten Beschaffenheit und Anordnung des Plasmas im Inneren beruht, also im Inneren vorgeht und einen wahren Assimilationsprocess darstellt.**) Es ist Aufgabe der Chemie, den quantitativen Verlust, welchen der Zucker an Kohlenstoff und Wasserstoff zu Gunsten des Aufbaues der Zellwand und eines Theiles des Plasmas erleidet, nachzuweisen,***) was aber bei der geringen Masse nur bei Anwendung von sehr grossen Quantitäten ausführbar ist. (Vgl. Pasteur's Versuche bez. der Assimilation von weinsaurem Ammoniak bei Gegenwart von Zucker und Aschensalzen; Compt. rend. 1859, XLVII. p. 1011.) Constatirt ist jetzt jedenfalls, dass der Zucker nicht einfach in Kohlensäure und Alkohol zerspalten wird, sondern dass sich eine Masse von Nebenproducten aus dem Zucker bildet, in variabeln und kleinen Mengen; so Glycerin, Bernsteinsäure, flüchtige Fettsäuren, Fuselöle u. s. w. Der Verlust zu Gunsten der Cellulose ist noch nicht mit genügender Sicherheit quantitativ festgestellt. — Es ist bekannt, dass sorgfältig zerriebene, also mechanisch desorganisirte Hefe nicht mehr gährt (Lüdersdorf). Es ist ferner hier an die analoge Erscheinung der Reduction von Kohlensäure durch das

*) Ich habe einen ganz gleichen Zustand, der vom wirklichen Tode nicht immer unterschieden worden ist, auch bei den Bacterien nachgewiesen. (Bot. Ztg. 1863, S. 304.) Es erinnern diese Zustände an die ruhenden Samen, an trockenen Chlamydococcus oder Pilzsporen.

**) Ich habe schon früher gezeigt, dass die gährungerzeugende Materie nicht durch Diffusion, selbst nicht durch ein Filter, sondern nur durch unmittelbare Berührung, auf Zuckerflüssigkeit wirkt, also ein fester Körper (eben die Hefe) ist.

***) Für den wachsenden Hefepilz ist allerdings die Kohlensäure und der Alkohol nur unbrauchbares Nebenproduct der chemischen Arbeit. Aber analoge Erscheinungen kommen auch sonst vor. Welche Massen von Kohlensäure entwickelt der keimende Samen (durch den zutretenden Sauerstoff der Luft), nur um diejenige Kraftmenge zu gewinnen, welche zu einer neuen Anordnung (Organisation) seines übrigen Kohlen- und Wasserstoffes in der Form der wachsenden Zellmembranen erforderlich ist.

Chlorophyll zu erinnern, welches nur bei einer bestimmten, normalen Structurform, und zwar nur im lebenden Zustande Sauerstoff abscheidet. — Uebrigens habe ich schon früher gezeigt, dass nicht jede lebende Zelle, insbesondere auch nicht jede beliebige Pilzspore, Gährung veranlasst. Ich kann dies abermals, nach Versuchen mit Sporen vom Champignon (Agaricus campester), bestätigen; möglichst rein gesammelt, und in gleicher Quantität wie die Hefe angewandt. Absolut reine Aufsammlung dieser Sporen ist nicht möglich; bald mischen sich einzelne von der Umgebung herangeflogene Pilzsporen oder Conidien dazu, ein- oder zweizellig, farblos, oval, hefeähnlich, und wie diese sprossend, daher auch eine schwache Spur Gährung bemerkt wird. Diese kann aber schon deswegen nicht von den Champignonsporen herrühren, weil dieselben, auf dem Grunde des Honigwassers liegend, überhaupt hier nicht keimen. Dies gilt auch vom Pollen (des Hanfes); da aber hier begreiflicher Weise die Pilzanflüge weit zahlreicher sind, so ist auch die Gährung etwas deutlicher. — Da diese fremden Pilzsporen meist an der Oberfläche des Honigwassers schweben bleiben, so kann man sie mit einem Glasstabe abnehmen. Sie bestehen aus kleinen, elliptischen, hefeartigen Zellen, mit Kern oder Vacuole, zum Theil auch aus fusariumähnlichen Körpern, und treiben, befeuchtet, rasch Mycelfäden und Gemmen. Ich habe sie in dem erwähnten Pilzrohre weiter cultivirt und daraus, trotz dem sehr ungewöhnlichen Standorte, unverkennbar Mucor, Polyactis vulgaris neben etwas Penicillium glaucum gezogen, ferner ziemlich sicher zu bestimmendes Cladosporium herbarum und Sporotrichum (fuscum, murinum oder torulosum).

Folgende Uebersicht giebt ein Bild von dem Grade der Verzögerung, welche der Beginn der Gährung durch die Erwärmung erleidet. Nach längerer Einwirkung von 42° tritt die Gährung noch an demselben Tage ein oder sie wird vielmehr gar nicht unterbrochen. Bei eben solcher von 50° am 2. Tage; bei 66—72° am 3. bis 5. Tage; bei 73° am 4. bis 5. Tage; bei 74° erst am 4., 7. bis 8. Tage; bei 76 bis 83° noch später oder gar nicht mehr. Auch bildet sich bei den höchsten Temperaturen meist keine Pellicula aus, was in allen vorhergehenden Fällen Statt findet, in der Regel gleichfalls etwas verspätet, doch nicht so regelmässig, wie diä Gährung, so dass es vor-

kommen kann, dass Schaumbildung und Pellicula gleichzeitig auftreten. Die Gährung selbst jedoch, wenn auch verzögert, findet, wenigstens nach rascher Erwärmung, dann doch in ziemlich normaler Weise und im Ganzen mit der normalen Dauer (3 Tage bei den von mir stets angewandten Quantitäten), statt; erst bei den höchsten Temperaturen, nahe dem Tödtungsgrade, wird sie merklich abgeschwächt, was wohl darin begründet ist, dass bei diesen Hitzegraden bereits mehr und mehr Hefezellen wirklich absterben, bis die Tödtung endlich eine ganz allgemeine wird.*) —

7. Je nachdem nun die Einwirkung der Wärme eine allmählige und dauernde, oder eine plötzliche und rasch vorübergehende ist, erscheint auch ihr Effect verschieden; er ist nämlich in etzterem Falle ein weniger intensiver.**)

a) Erwärmt man binnen einer oder 1½ Stunden ganz allmählig die Gährröhren (durch Einsenken in ein Gefäss mit Wasser) von 16 oder 20° auf 60, 70° u. s. w., und nimmt sie nach Erreichung dieser Temperatur sofort heraus, so tritt in der Regel die Gährung früher ein (bisweilen selbst um 2 Tage), als wenn man die Gährröhre erst bei 60 oder 70° einsenkt und alsdann 10—15 Minuten dabei belässt; ein Zeitraum, welcher weitaus hinreichend ist, dass die Flüssigkeit vollkommen von der betreffenden Temperatur durchdrungen werde.

b) Erwärmt man in ganz gleicher Weise allmählig auf 60° und erhält dann die Gährröhre noch 10 oder 15 Minuten bei dieser Temperatur, so ist die Intensität der Einwirkung dagegen grösser, im Vergleiche zu einer anderen Probe der Gähr-

*) Man muss bei diesen Wärmebestimmungen vorsichtig sein, wenn man nicht bei jeder Wiederholung des Versuchs abweichende Resultate erhalten will; also die Gährröhren im Kessel, sowie aussen die Flamme, stets genau an dieselbe Stelle bringen. Verschiebt man z. B. die Flamme in die Nähe des Thermometers, so steigt die Temperatur (trotz der grossen Wassermenge im Kessel) sofort wohl um 10°. Es geht demnach die Ausgleichung der Wassertemperaturen an den verschiedenen Stellen nur ziemlich langsam vor sich.

**) Man muss auch hier, wenn man übereinstimmende Resultate haben will, jedesmal möglichst genau denselben Weg gehen und dieselbe Zeit gebrauchen. Ich nenne es eine langsame Erwärmung, wenn man durch 2 Stunden das Thermometer von 20 auf 65° steigen lässt. Aber es ist einleuchtend, dass der Effect ein verschiedener sein wird, wenn die Temperatur nur 10 Minuten, oder aber eine Stunde in der Nähe dieses oberen Grades verweilte.

flüssigkeit, die man erst bei 60 oder 70° einsenkte und dann gleichfalls durch 10—15 Minuten auf dieser Höhe erhält. Belässt man aber die allmählig erwärmte Gährflüssigkeit noch längere Zeit, etwa 1½ bis 2 Stunden in dieser hohen Temperatur, so wird die Intensität der Einwirkung noch mehr verstärkt; also eine längere Dauer der Einwirkung setzt den Grad der erträglichen Temperatur mit Rücksicht auf die Erhaltung der Gährfähigkeit um einen oder einige Grade herab. — Aber hierbei tritt ein bemerkenswerthes Verhältniss ein, indem nämlich bei hohen Temperaturen, welche der Tödtungstemperatur nahe liegen, die Hefe ihren Vegetationstypus ändert, indem bei vielen Hefezellen am 3. bis 5. Tage nach der Erwärmung eine neue Wachsthumsform auftritt, die ich als Stabkeimung der normalen Hefe bezeichnen will (Fig. 10). Und da diese Hefe zwar offenbar noch lebt, da jedoch die Gährung (Gasentwickelung) nach Beobachtung einiger Fälle mitunter merklich später eintritt, als diese Vegetationsform, ja sogar ganz ausbleiben kann, so ist daraus vielleicht zu schliessen, dass die Hefe in diesem Zustande nicht im Stande ist, Zucker zu zersetzen. — Es ist dies einer der wenigen mir bekannten Fälle, wo eine blosse Aenderung rein physikalischer Verhältnisse eine mehr oder weniger vollständige Aenderung mindestens in den Vegetationserscheinungen bedingt.*) Solche Hefe, worin Stabkeimung in grösserer oder geringerer Zahl sich zeigt, ist, wie ich sagte, unzweifelhaft noch lebendig; man kann aus derselben auf Kartoffelstücken Penicillium und bisweilen Mucor, Sporotrichum candidum und Verticillium ruberrimum erziehen.

Diese Stabkeimung der normalen Hefe tritt andeutungsweise schon bei weit niederen Temperaturen auf, z. B. bei 45 bis 50°, namentlich in diesem Falle bei langsamer und dauernder Einwirkung der Wärme, während hier allerdings die Hauptmasse

---

*) Es ist bekannt, dass Salamanderlarven, die durch frühzeitigen Eintritt des Winters in ihrer Metamorphose überrascht werden, zum nächsten Jahre ohne Verlust der Kiemen zu einer bedeutenden Grösse heranwachsen (Leuckart). Hühnereier, bei gleichbleibender Temperatur von 24° ausgebrütet, entwickeln sich nie vollkommen bis zum Ausbrechen, sondern bringen meist Missbildungen (Dareste in Compt. rend. 1865; vgl. ferner im Institut, 1856, p. 368). Auch an das oft ganz anomale Wachsen der Polyporen u. s. w. im Dunkel der Bergwerke ist hier zu erinnern.

der Hefe noch keine bleibende Aenderung erfährt. Bei sehr rasch erreichter und dann etwa durch eine Stunde dauernder Einwirkung der höheren Temperaturen ist diese besondere Nachwirkung sehr intensiv, z. B. bei 55—70°; bei 3- oder mehrstündiger Einwirkung dagegen wieder geringer.

Der Unterschied wird vielleicht deutlicher werden, wenn ich eine derartige Versuchsreihe etwas specieller mittheile. Erwärmung der Gährröhrchen auf 65°, und zwar durch Einsenken in Wasser.

	Zustand der Hefe nach 3 Wochen.		Auftreten der Pellicula am	Intensität d. Gährung	Eintritt der Gährung am
	Hefezellen.	Stabkeimung.		Blasensteigen.	
a. Langsame Erwärmung (binnen 95 Minuten) von der Zimmertemperatur aus. Dann sofort nach Erreichung von 65° abgestellt.	conglobirt oder vacuolisirt	sehr zahlreich, sehr fein.	9. Tage.	lebhaft.	6. Tage.
b. Ebenso langsam erwärmt, dann durch 2½ Stunden auf 65° erhalten.	fast ebenso, weniger Vacuolen.	schwache Spuren.	keine.	sehr kleine Blasen, aber continuirlich.	9. Tage.
c. Rascheste, fast momentane Erwärmung; dann durch 15 Minuten auf 65° erhalten.	conglobirt oder vacuolisirt	etwas (grö-bere) Stabkeimung.	9. Tage.	ziemlich lebhaft.	6. Tage.
d. Rascheste Erwärmung, wie vorher; dann 2½ Stunden auf 65° erhalten.	schwach conglobirt, Vacuolen undeutlich	zahlreich, meist sehr fein.	keine.	sehr schwach, kaum merkbar.	—

Hieraus ergiebt sich, dass b am stärksten und nachtheiligsten eingewirkt hat, dann folgt d; beide durch lange Dauer der Wärmeeinwirkung ausgezeichnet; am schwächsten afficirt sind a und c, welche sich aber dadurch unterscheiden, dass bei a die Stabkeimung (feine Form) auffallend begünstigt wurde. — Die Stabkeimung bedarf also einer gewissen Intensität der Wärmeeinwirkung, welche bei c noch nicht genügend erreicht wurde; während b zeigt, dass eine allzu intensive Einwirkung sie auf der anderen Seite ebenfalls ausschliesst.

Es besteht die Stabkeimung im Wesentlichen darin, dass die Hefezellen zunächst entweder auffallend elliptisch werden, etwa am 2. Tage nach der Einwirkung, und dann (etwa am 4. Tage),

statt Gemmen, stabförmige, strotzend mit Plasma erfüllte und dabei feine granulöse, seltener vacuolisirte Knospen treiben; oder dass sie direct und wie sie sind, solche hervorbringen (Fig. 10). Unter günstigen Umständen können diese nach demselben Schema sich weiter verzweigen (Fig. 14) und bilden dann endlich, als Uebergangsform zu der gewöhnlichen Keimungsweise der Schimmelsporen, förmliche Fäden von Mycelium aus (Fig. 9 u. 19). — Intacte Hefe, am Boden einer Flüssigkeit nach der Gährung stehen gelassen, bildet dagegen von selbst diese Formen nicht aus. — Neben dieser Stabform der Hefe treten bei der durch höhere Wärmegrade oder auch wohl sonst wie anomalen Gährung hin und wieder in kleiner Menge noch andere Hefeformen auf, die ich wenigstens andeuten will, ohne indess etwas Bestimmteres über die wesentlichen Bedingungen ihres Entstehens, noch auch über ihre etwaige Bedeutung für die Gährung angeben zu können.

a) Ein Theil der Hefezellen erreicht die doppelte Grösse der normalen, bei sonst ungeänderter Beschaffenheit. — b) Fig. 5. Die Hefezelle ist durchaus homogen mit hyalinem Plasma erfüllt. — c) Die Hefe sprosst in Zweig- oder Büschelform (Fig. 13), Torula- und selbst Oidium-artig (Fig. 15, 18) weiter; welches letztere sich auch bei der kleineren Hefeform (Fig. 16, 17) wiederholen kann.

Was die physicalische oder chemische Ursache der wirklichen Tödtung bei 84° (im nassen Zustande)* betrifft, so hat sich mir von Neuem meine früher bezüglich der Bacterien (Bot. Ztg. 1863, S. 317) vorgetragene Ansicht als die wahrscheinlichste dargestellt, dass sie nämlich in einer wahren Gerinnung des Eiweisses im Zelleninhalte begründet sei; sie ist wenigstens die einzige wirklich greifbare, stimmt gut mit den Thatsachen, und ist, wie mir dünkt, auch bis jetzt keineswegs durch genügende und sichere Facten widerlegt.

Das Hühnereiweiss z. B., das wir hier — allerdings etwas willkürlich — zur Vergleichung wählen, gerinnt, wie ich finde, bei 65°, nachdem es bei 63° bereits sich zu trüben begann; bei jener Temperatur ist es nicht mehr fliessend. Bei 66,5° wird es opak, weiss, bei 67° fest. Mit gleichen Theilen Wassers gemischt, wird die Gerinnungstemperatur etwas in die Höhe getrieben; bei 67° ist es dann noch gallertig flüssig, bei 71° ist es weiss, offenbar coagu-

lirt, aber nicht fest zusammenhängend; es erreicht bei dieser Temperatur das Maximum seiner möglichen sichtbaren Veränderung durch solche Wärmegrade. Wenn man sich erinnert, dass im Plasma unzweifelhaft Eiweisslösungen von einem gleichen oder ähnlichen Wassergehalte vorkommen, und dass diese ganz nothwendig sind für das Leben und die Organisation dieser wie jeder anderen Zelle; dass endlich kein Fall bekannt ist, wo einmal wirklich geronnenes Eiweiss unter gewöhnlichen Verhältnissen wieder flüssig und somit molecular vertheilbar würde, so scheint es mir schwer, die vorgetragene Vorstellung zurückzuweisen.

8. Erwärmung im trockenen Zustande. Streicht man dünne Schichten von Hefe auf starkes Papier und lässt dieselben unter Schutz gegen Staub (unter einer an der Seite etwas klaffenden Glasglocke) an der Luft und womöglich unter Mitwirkung des Sonnenscheins durch 8 Tage scharf eintrocknen, so erhält man einen hornartigen, hellbräunlichen Ueberzug, welcher hier und da, spröde wie Hornspähne, abspringt. In diesem Zustande kann man die Hefe (wie es scheint beliebig lange) aufbewahren, ohne dass sie dabei merklich von ihrer Gährkraft einbüsst. Untersucht man sie jetzt in einem Tropfen Wassers unter dem Mikroskope, so findet man das Plasma in einem homogen conglobirten Zustande (Fig. 7), fast wie nach der Erhitzung im nassen Zustande. Sie nimmt mit grosser Energie das Wasser auf, und erhält dann bald das unter Fig. 6 dargestellte Ansehen, d. h. sie stellt eine homogene Plasmakugel (oder Ovoid) dar, in deren Innerem man 1 oder 2 Plasmakerne deutlich unterscheiden kann. Und dieselbe Veränderung geht auch mit den kleineren Hefezellen vor sich (Fig. 16). Nach einigen Stunden stellt sich endlich die normale Plasmavertheilung, resp. Vacuolisirung, in vielen Zellen wieder her, und von diesem Momente an tritt auch die Gährung ein.*) Auch ist hervorzuheben, dass durch ein 8tägiges Trocknen sich eine merkbare Neigung zur stabförmigen Keimung ausbildet.

Zur Erwärmung dieser Papierstreifchen mit getrockneter Hefe

*) Bekanntlich lässt sich auch das langsam getrocknete Hühnereiweiss auf hohe Temperaturgrade erhitzen, ohne wirklich zu coaguliren und seine Löslichkeit einzubüssen.

benutzte ich anfangs Glasröhren, später, da dieser Apparat zu unvollkommen erschien, das Oelbad, und zuletzt für mehrere Serien von Versuchen ein Luftbad. Ich fand hier nun das auffallende und unerwartete Resultat, und zwar constant, dass die Hefezellen, wenn auch grossentheils,*) doch (selbst bei 215° C. noch) nicht alle getödtet werden, während das Papier schon bei 150° merkbar, aber schwach, gebräunt wird, und bei 200° bereits einen deutlich brenzlichen Geruch entwickelt. Bei 210° zeigt sich auch die Hefe deutlich gebräunt.**) Weiter konnte ich mit den zur Disposition stehenden Mitteln die Temperatur nicht treiben.

Um einen Maassstab der Vergleichung zu gewinnen, erhitzte ich gleichzeitig mit den Hefepapierchen eine Quantität trockener Sporen von Penicillium glaucum auf 140 und 200°, und fand, dass auch von diesen nachträglich bereits am 2. Tage eine nicht geringe Zahl in einem wohlbeschützten Wassertropfen, worin ich sie brachte, gekeimt waren.

Diese Zahlen sind für mich gerade so unerwartet, wie sie es für jeden Anderen ohne Zweifel auch sein werden. Ich finde es nöthig, da ich keine Fehlerquelle entdecken kann, die Beschreibung des angewandten Luftbades zur Beurtheilung für Andere hier vorzulegen. Er besteht aus einer metallenen Büchse von 9 Cm. Durchmesser bei 11 Cm. Höhe, welche durch eine Flamme von unten erhitzt wird. Die Büchse hat innen in halber Höhe einen metallenen Rost, auf welchem die Hefestreifchen (auf einem Papier) ausgebreitet wurden. Im Deckel befindet sich eine Oeffnung mit einem durchbohrten Kork, durch welchen das Thermometer eingeschoben ist, der Art, dass die Kugel sich unmittelbar bei den Hefestreifchen frei schwebend befindet. — Wenn eine bestimmte Temperatur erreicht war, so wurde rasch je ein Papierstreifen herausgenommen und in reinem Papier zur Verkühlung eingewickelt; nach deren

*) Da auch in diesem Falle nicht alle Zellen gleichmässig betroffen oder ergriffen werden, so zeigt sich auch hier wieder, wie immer bei Experimenten mit lebenden Organismen, der Einfluss der Individualität, bedingt durch verschiedenes Alter u. s. w.

**) Um ganz sicher zu sein, dass die Hefe auch wirklich jene hohe Temperatur erfuhr, habe ich dieselbe in einem Falle auf die Thermometerkugel selbst aufgestrichen und antrocknen lassen.

Eintritt alsdann derselbe mit Honigwasser zur Gährung angesetzt. Die auf die höchsten Temperaturen erwärmten Streifen befanden sich im Ganzen etwa 2½ bis 3 Stunden in dem Luftbade.

Die Wirkung der höheren Wärmegrade im trockenen Zustande ist, wie im nassen, gleichfalls in demselben Sinne verschieden je nach der Dauer der Einwirkung, doch ist der Unterschied weniger auffallend; es wird der Eintritt der Gährung um einen oder (bei Erwärmung über 160°) um einige Tage verspätet. Also auch hier ein latenter Lebenszustand. Die Gährung selbst verläuft rascher, weit schwächer oder unvollkommener, als im normalen Zustande. Ferner kommt auch hier — und zwar mitunter schon nach 2 Tagen (und dann weiterhin merklich zunehmend), insbesondere nach länger dauernder Einwirkung hoher Temperaturen (z. B. 100—140° durch ¾ Stunden) — jene eigenthümliche Aenderung des Vegetationstypus vor, welche ich vorhin als Stabkeimung bezeichnet habe. Endlich fehlt auch die Pellicula nicht, und es ist bemerkenswerth, dass dieselbe nach längerer Erwärmung oft früher auftritt, als die Gährung selbst, also eine völlige Umkehr der normalen Verhältnisse. Auch kommt es (bei den höchsten Temperaturen) mitunter vor, dass die Gährung ganz ausbleibt, während sich allmählig doch eine Pellicula ausbildet, zum Zeichen, dass die Vitalität der Hefezellen zwar tief erschüttert, aber keineswegs gänzlich zernichtet ist. — Aus dieser Pellicula sah ich (unter Watteverschluss, wie immer) in 2 Fällen Mucor racemosus, in einem Sporotrichum (olivaceum?) entstehen, letzteres mit braunen, sonst Oidium-artigen Abschnürungen (1—2zellig), erinnernd an die sog. Sporen von Cladosporium. — Was den Zustand der Hefe selbst nach beendigter Gährung im vorliegenden Falle betrifft, so ist derselbe ein zweifacher. Diejenige Hefe — und dies ist die bei Weitem grössere Menge —, welche in Form brauner Fetzen an dem Papierstreifchen haften geblieben, ist durchaus im stark conglobirten Zustande, das Plasma oft ringsum von der Zellwand abgelöst, central zusammengezogen, und unzweifelhaft todt. Ein anderer, kleiner Theil hat sich dagegen von dem Papierstreifen abgelöst, und liegt nun als schwacher Absatz zu Boden. Dieser Theil ist es, welcher die (schwache) Gährung vermittelt; seine Zellen erscheinen bei mikroskopischer Untersuchung wieder normal

vacuolisirt, oder ziemlich homogen und strotzend mit Plasma angefüllt, nicht selten in kleinen Torulaketten zusammenhängend, die auch beim Schütteln der Flüssigkeit nicht auseinander fallen; sie ist offenbar lebend und in der Hauptsache normal. Jenseits 190° ist (gleichfalls in diesem Theile der Hefe) die Stabkeimung dürftiger oder nur andeutungsweise vertreten; unterhalb dieser Temperatur bis 140° abwärts — bei 1—2½ stündiger Einwirkung — ist sie oft sehr stark vertreten. — Auch hier entwickelt sich allmählig bei der Gährung Essigsäure.

Wenden wir uns nun zu den äusseren Verhältnissen chemischer Natur, welche auf die Gährung Einfluss haben.

9. Zunächst ist zu bemerken, dass der Luftzutritt für die Gährung nicht wesentlich ist, wohl aber für die Fructification des Gährungspilzes in der Form des Penicillium u. s. w.

Giesst man auf die Oberfläche der Gährflüssigkeit (im Momente der Zubereitung, also von Anfang an) eine Schicht Rüböl von 2 Cm. Höhe, so geht die Gährung ganz ungestört vor sich, indem die Gasblasen durch diese hindurch treten und auf der Oberfläche derselben einen Schaum, ganz wie gewöhnlich, bilden. Ja die vergleichende Beobachtung hat gezeigt, dass in diesem Falle bei gleichbleibender Intensität oder Energie die Gährung unter der Oelschicht über 2 Tage länger dauert, als bei freiem Luftzutritte, wohl deshalb, weil alsdann keine oder weniger Nebenproducte (Säuren, wie Essigsäure) gebildet werden, welche anderenfalls der Gährung bald ein Ziel setzen. Hiernach würde es auf diesem Wege möglich sein, den vorhandenen Zucker vollständiger zu zersetzen, was z. B. für die Branntwein-Brennerei von Interesse sein könnte, da hier die Aufgabe gestellt ist, womöglich allen Zucker zu vergähren, während thatsächlich nach den jetzt üblichen Methoden nur etwa 80 pCt. wirklich zerlegt werden. — Es ist zu bemerken, dass die Form der Hefe beim Gähren unter einer Oeldecke nicht verändert, insbesondere wenig oder keine Stabkeimung dadurch veranlasst wird, während ungewöhnlich viel Bacterien und Spirillen auftreten.*)

---

*) Beispielsweise mögen hier einige speciellere Angaben über 4 derartige Parallelversuche stehen, welche mit gleichen Quantitäten Honigwasser und Hefe ausgeführt wurden.

10. Von grossem Einflusse ist auch die Reaction der Gährflüssigkeit. Macht man dieselbe durch Zusatz von Ammoniak (bei Luftzutritt) schwach alkalisch, so wird die Gährung zum Stehen gebracht, stellt sich indess nach ½—1 Tag wieder her; von diesem Momente an ist aber die Reaction auch wieder schwach sauer, wie gewöhnlich. Uebersättigt man reichlicher mit Ammoniak, so tritt allerdings keine Gährung mehr ein; die Hefe nimmt merkbar an Grösse zu, hat eine auffallend grosse Vacuole, und entwickelt nach 14 Tagen einen käsigen, stinkenden Geruch (während sonst die alte, zersetzte Hefe unangenehm säuerlich riecht und intensiv sauer reagirt).*)

Eine ganz vollständige Vergährung des Zuckers fand zwar in keinem Falle Statt, weder an der Luft, noch unter Oel — es wurde wenigstens nach beendigter Gährung in allen Fällen die Fehling'sche Probeflüssigkeit über dem Wasserbade reducirt. Wohl in Folge der ungenügenden Hefemenge, oder des gebildeten, die vollständige Vergährung hindernden Alkohols. Im Uebrigen aber waren die Unterschiede bedeutend genug.

Dauer der Gährung: unter Oel (in 2 Versuchen) 17 Tage und 21 Tage (bis das letzte Aufsteigen von Gasblasen beendigt war); an der Luft nach 10 und 9 Tagen schon ganz vorüber.

Reaction der vergohrenen Flüssigkeit — unter Oel: schwach sauer; an der Luft: sehr stark sauer. Offenbar scheint die Pellicula, die in letzterem Falle an der Oberfläche auftritt, die Veranlassung der Oxydation, wie Mycoderma Aceti bei der Essigfabrication.

Säuremenge. Dieselbe wurde (in gleichen Volumen der vergohrenen Flüssigkeit) durch Zusatz von Ammoniak bis zur Neutralisation bestimmt. Unter Oel 8 und 9 Tropfen Ammoniak, an der Luft 48 und 19.

Rückstand der vergohrenen Flüssigkeiten nach dem Abdampfen: unter Oel 0,119 und 0,074 Gramm, an der Luft 0,163 und 0,132 Gramm.

Die Hefezellen des Satzes unter Oel sind zuletzt ganz normal und gut vacuolisirt; die anderen an der Luft haben fast sämmtlich keine Vacuole mehr, ihr Plasma ist etwas wulstig, hyalin, und füllt die ganze Zelle.

In einem anderen Versuche, welcher — statt in engen Reagenzröhrchen — in weiteren und höheren Cylindergläsern (5 bei 53 Cm.) ausgeführt wurde, ergab sich kein so bedeutender Unterschied bez. der Zeit und Qualität der Vergährung, nach Bestimmung des Zucker- und Alkoholgehaltes (J. Ziegler). Vielleicht ist die Ursache die, dass in einem grossen und tiefen Gefässe, in Betracht der relativ kleineren oxydirenden Oberfläche, die Versäuerung langsamer vor sich geht, und damit auch in der ölfreien Flüssigkeit die Gährung durch eine längere Zeit sich ungestört fortsetzen kann.

*) Wohl durch Bildung von Essigsäure; der Geruch ist unverkennbar. Erwärmt man gelinde und hält einen Glasstab mit Ammoniak darüber, so steigen starke Rauchwolken auf. Ist die Reaction sauer, so geht die Gährung normal vor sich,

11. Setzt man ein mit feuchter Hefe bestrichenes Papierstreifchen (6 Cm. lang, 1 Cm. breit) bei gewöhnlicher Temperatur der Einwirkung von Chloroformdämpfen aus (unter sorgfältiger Verkorkung in einem Glaskölbchen, auf dessen Boden man etwas Chloroform gegossen hat), so hat dies einen sehr raschen und sehr intensiven Einfluss auf ihre Vitalität. Schon ½ bis ¾ Stunde Verweilen in dieser Atmosphäre genügt, um die Hefe in den conglobirten oder fast granulösen Zustand (Fig. 2, 3) zu versetzen, also förmlich zu asphyxiren; die Gährung wird um mehrere Tage verzögert. Noch aber ist die Hefe nicht getödtet worden, auch bildet sich nach einigen weiteren Tagen auf der Oberfläche der Flüssigkeit die bekannte Pellicula aus, aus welcher sich weiterhin Penicillium entwickelt. Hat die Einwirkung 1½ Stunde gedauert, so tritt keine Gährung mehr auf, wohl aber (nach etwa 8—9 Tagen) gleichfalls eine Pellicula. — Nach Einwirkung durch 26 Stunden und selbst 3 Tage bildete sich ebenfalls — und zwar nach 1—2 Wochen — eine Pellicula ohne vorherige Gährung. Also kein wirkliches Absterben.*)

Zusatz von 1—20 Tropfen Essigsäure zu unserer Normalmenge von Honigwasser und Bierhefe stört in keiner Weise die einmal begonnene Gasentwickelung durch die Hefe, noch auch die Bildung einer Pellicula; letztere besteht, wie gewöhnlich, grossentheils neben kleiner Hefe aus feinen, stabförmig gekeimten Zellen. (Bei Zusatz von 20 Tropfen zeigte der Hefesatz nach 10 Tagen meist vacuolisirte Zellen, doch waren die Vacuolen auffallend gross, zerrissen, nicht rund, das Plasma war dürftig, anscheinend durch die Säure zum Theil ausgezogen. Auch zeigte sich, im Gegensatze zu normaler Hefe, nicht wenig Stabkeimung.) — Auch 30 Tropfen Essigsäure, zur gährenden Flüssigkeit gesetzt, hemmen nicht die Gährung; 40 Tropfen dagegen wirken merkbar ein, die Gasblasen sind gross, steigen seltener und stossweise auf; die Pellicula bildet sich etwas verspätet aus. Im Satze finden sich nur Andeutungen von Stabkeimung. — Setzt man der zum Gähren bestimmten Flüssigkeit dagegen von Anfang an 40 Tropfen Essigsäure zu, so tritt keine deutliche Gährung weiterhin ein, doch entwickelt sich eine Pellicula, die Hefe ist also nicht getödtet. Das Mikroskop zeigt hier die Hefe conglobirt, zum Theil auch normal vacuolisirt; schwache Spuren von Stabkeimung. — Süsst man nun den Hefesatz wiederholt und gründlich mit Wasser aus und setzt ihn von Neuem mit Honigwasser an, so tritt (11 Tage nach dem Beginne des ersten Versuchs) noch starke Gährung ein. Auch bildet sich nach einigen Tagen die normale Pellicula aus, und zwar von der gewöhnlichen mikroskopischen Beschaffenheit. — Die Flüssigkeit ist in diesem Falle opak, nicht — wie gewöhnlich — klar.

*) Chloroformdämpfe asphyxiren auch andere niedere Organismen, Bacterien u. s. w. Wir haben daher in dieser Substanz ein Conservationsmittel, welches

12. Eine Eintauchung in eine Atmosphäre von Kohlensäure hat (innerhalb 1—7 Tagen) keinen irgendwie störenden Einfluss auf das Leben der Hefe, wie man in der That von vornherein schon erwarten musste. Uebrigens scheint es, dass durch längeres Verweilen der Hefe in einer Kohlensäureatmosphäre ihre Neigung zur Bildung von Stabkeimung und Torula-Verzweigungen (Fig. 10, 13) auffallend begünstigt wird.

13. Kreosot (wesentlich Carbolsäure), der gährenden Flüssigkeit zugesetzt, hat eine die Gährung verzögernde Wirkung, doch ist dieselbe ziemlich schwach.*) Bei Zusatz von 1 Tropfen zu unserer gewöhnlichen Menge von Gährflüssigkeit und Hefe (s. o.) während der Gährung wird die Einwirkung eben merkbar. Bei Zusatz von 5 Tropfen zeigt sich schon nach 2 Stunden ein Effect (Sistirung der Gährung). Zusatz von 10 Tropfen wirkte schon nach einer Stunde sehr energisch. Man beobachtet dabei, dass im letzteren Falle 30 Stunden vergehen, ehe — bei ruhigem Stehenlassen — die ölartige Masse des Kreosots, welche sich auf dem Boden (unter dem Hefeschlamm) angesammelt hat, allmählig verschwindet (d. h. sich im Wasser auflöst). Intensiver ist dagegen die Einwirkung, wenn man das Kreosot sofort beim Ansatze der Gährflüssigkeit zufügt. Hier reicht schon ein Tropfen aus, die Gährung fast spurlos abzuschneiden. Süsst man später den Hefesatz sorgfältig mit Wasser aus und giesst Honigwasser dazu, so tritt auch in diesem Falle nachträglich keine Gährung mehr ein, dagegen bildet sich eine Pellicula von ziemlich normaler Beschaffenheit. Der Hefesatz am Boden zeigt bei der mikroskopischen Untersuchung nichts als conglobirte Zellen. — Setzt man aber von Anfang an 20

---

unter Umständen von Werth sein kann, z. B. zur Conservirung von Leichen. Bringt man ein Stück Fleisch, Niere oder Obst u. dergl. in ein Gefäss, auf dessen Boden man etwas Chloroform ausgiesst, und verschliesst sorgfältig, so erhalten sich diese Gegenstände vortrefflich. Auch kann man dieselben, nachdem man sie an der Luft hat ausdünsten lassen, geniessen, wie ich mit Weinbeeren selbst versucht habe. Die Süsse zeigte sich unverändert, der Geschmack jedoch war etwas stechend.

*) Ich konnte zwar aus dem Hefeschlamm in einem solchen Falle auf einem Kartoffelstückchen keine deutliche Pilzvegetation, sondern nur ausserordentlich feine und granulirte Fadenmassen erzeugen, welche allerdings mit dem normalen Mycelium von Penicillium nichts gemein haben; immerhin aber doch von der Hefe herzurühren scheinen. Es ist dabei indess zu beachten, dass der Hefe in diesem Fall das Kreosot beigemischt blieb und demnach störend fortwirkte.

Tropfen zu, so bleibt — nach 14tägiger Einwirkung — nicht nur alle Gährung aus, sondern es bildet sich auch selbst nach sorgfältigem Aussüssen und Zusatz von Honigwasser weiterhin nicht einmal eine Pellicula; die Hefe ist also todt und erscheint unter dem Mikroskope mehr oder weniger conglobirt, doch in minderem Grade, als durch hohe Wärmegrade; das Plasma füllt noch die ganze Zelle aus, ist aber wulstig, und hat keine Vacuole. — Es ist wahrscheinlich, dass die Ursache der stärkeren Einwirkung derartiger Zusätze von Anfang an — im Gegensatze zu der Periode, wo die Gährung bereits im Gange und die Hefe in theilweiser Bewegung ist — darin liegt, dass im letzteren Falle die Einwirkung weit weniger local, also auch weit weniger intensiv sein wird, als im anderen Falle. — Als Dampf angewandt, hat das Kreosot nach 2stündiger Einwirkung auf die Hefe keinen merkbaren Effect auf deren Gährfähigkeit.

14. Stärker ist die Einwirkung der schwefligen Säure. Einstündiges Verweilen in einer an dieser Säure reichen Atmosphäre tödtet zwar noch nicht die Hefe (feucht auf Papierstreifen, wie sub 11), sondern verzögert nur um einen Tag den Eintritt der Gährung. Wohl aber hat ein Verweilen durch 24 Stunden einen sehr merkbaren Einfluss, indem in diesem Falle die Gährung ganz verhindert, und die Bildung einer Pellicula auffallend verzögert wird. (Ich sah in einem solchen Falle die ganze Pellicula sich mit einem dichten und reinen Rasen von Polyactis vulgaris bedecken, der offenbar aus ihr entstanden war. Ein neuer Beweis dafür, wie vielerlei Schimmelpilze unter dem Namen [und der Form] Hefe zusammenstecken.) Ich glaube sogar, dass hiermit die Intensität dieses Giftes noch nicht genügend bezeichnet ist, indem ich den angewandten Apparat für unvollkommen halte. Er bestand in einem weiten und langen, aufrecht stehenden Reagenzrohre, in dessen unterem Theile sich ein Papierstreifen mit feuchter Hefe befand. In der Mitte wurde (unter Sicherung gegen das Abtropfen) ein Stück Schwefel (auf Papier in dicker Lage aufgetragen), an einem Drahte befestigt, verbrannt, während die Oeffnung durch einen fest schliessenden, feuchten (aus einer Kartoffel geschnittenen) und dann wohl versiegelten Pfropf geschlossen war. — Nach Versuchen von J. Ziegler (ined.) ergab sich bei Anwendung von reiner schwefliger

Säure in concentrirter Form, dargestellt aus Kupfer und Schwefelsäure, Folgendes: Aussetzen der feuchten Hefe bis zu 18 Stunden an die Säure in Gasform tödtete die Hefe nicht, indem nach genügender Aussüssung (oder Beseitigung der Säure durch Verdunstung und nachträgliche Neutralisirung durch Ammoniakdämpfe) stets, wenn auch verzögert, nach einigen Tagen Gährung eintrat. Hierbei zeigte die mikroskopische Untersuchung, dass die im Ganzen gelb gefärbte Hefe, deren Zellen ihre Vacuolen mehr oder weniger verloren hatten, sich allmählig wieder grossentheils in normaler Form herstellte.*)

Ich glaube im Vorstehenden von Neuem bestätigt zu haben, dass die Hefe ein lebender Organismus ist, indem sie alle Eigen-

*) Nach Braconnot verhindert Zusatz von $\frac{1}{125}$ Chlorkalk gleichfalls die Gährung. — Ueber die Einwirkung der Hefe auf andere Substanzen, als Zuckerlösungen, kann ich nur wenig mittheilen. Auf reines Glycerin wirkte dieselbe gar nicht, auf solches in 6 Theilen destillirten Wassers gelöst, kaum deutlich erkennbar; nur spurweise zeigten sich an der Oberfläche während zweier Tage kleine Bläschen. Auch mit der Hefe gehen im Glycerin keine bemerkenswerthen Aenderungen vor, sie erhält mehrere Tage hindurch ihre Vacuolen und keimt nicht, weder mit noch ohne Luftzutritt, während Infusionsthierchen im ersteren Falle sich darin ganz wohl fühlen. Auffallend ist die ungemeine Lebhaftigkeit der Molecularbewegung, welche die frische Hefe in reinem Glycerin zeigt, und welche durch einige Tage fortdauert. — Die etwaige Wirkung auf Stärke ist wegen der Brotbereitung von Interesse. Eine genauere Prüfung zeigt aber, dass eine solche Einwirkung selbst auf gekochte Stärke (Kleister, mit viel oder mit wenig Wasser) überhaupt nicht stattfindet. Es entwickelt sich weder ein Gas, noch zeigen sich die Stärkekörner corrodirt oder in ihrem Verhalten gegen Jod geändert. Selbst dann nicht, wenn sich aus der Hefe ein starkes Mycelium gebildet hat, wie dies geschieht, wenn man einen Tropfen verdünnten, frischen Kleisters auf einem Objecträger mit etwas Hefe versetzt und ohne Deckglas während einiger Tage dafür sorgt, dass kein Austrocknen Statt finde. Wendet man ein Deckglas an, so bleibt die Hefe unverändert, behält viele Tage ihre normalen Vacuolen, und keimt nicht. Auch hier erfährt die Stärke keine Aenderung. Ebenso findet (innerhalb 3 Wochen) keine Gasentwickelung oder Aenderung der Kleisterkörner und der Hefe Statt, wenn man Hefe, mit Kleister gemischt, in eine Quantität destillirten Wassers bringt und in einem Cylinderglase aufbewahrt. Das Magma bildet einen ziemlich festen, scharf abgegrenzten Bodensatz, worin die Hefe mit unveränderten Vacuolen verharrt. An der Oberfläche der Flüssigkeit entwickelt sich allmählig Penicillium glaucum u. dgl. Payen kommt durch seine Untersuchungen zu demselben Resultate. Diastase führt das Stärkemehl in Dextrin und in Zucker (Glycose) über, Hefe dagegen nicht; wohl aber Hefe mit Diastase, worauf sich dann weiterhin Kohlensäure und Alkohol bildet (Compt. rend. 1861, LIII, p. 1222). Hiernach ist die Wirkung der Hefe im Sauerteige zu bemessen.

schaften eines solchen theilt; sie entsteht durch lebende Zellen, entwickelt und vermehrt sich, hat Zustände latenten Lebens und stirbt; sie bedarf einer gewissen Temperatur, um activ zu sein, über welcher sie in Erstarrung versinkt, von der sie sich aber wieder erholen kann und zwar mit allen Eigenschaften. Bei noch höherer Temperatur büsst sie aber von diesen zunächst die Gährfähigkeit ein, behält jedoch noch die, eine Pellicula zu bilden; bei der höchsten stirbt sie endlich sofort und gänzlich ab. Ihre Resistenz sowohl gegen die Einwirkung der Wärme, als gegen chemische Reagentien, ist eine ausserordentlich grosse. Sie wird von chemischen Einflüssen influencirt, welche auch auf höhere Organismen dieselben oder analoge Wirkungen hervorbringen; sie ist endlich eben durch ihren Lebenszustand die einzige und alleinige Ursache der weingeistigen Gährung.

Erklärung der Figuren.

(Tafel XXXIII.)

(Fig. 1—7 1000mal vergrössert, die übrigen sämmtlich 363mal.)

Fig. 1. Normale Bierhefe.
Fig. 2. Conglobirte Hefe.
Fig. 3. Granulöser Zustand. Bei P der Primordialschlauch erkennbar.
Fig. 4. Leere Hefezelle.
Fig. 5. Hyalin-plasmatische Hefezelle. Selten und einzeln.
Fig. 6. Kernhefe.
Fig. 7. Gleichmässig contrahirte Hefe, durch Wärmeeinwirkung. Selten und einzeln.
Fig. 8. Normale Hefe mit k kleiner Hefe.
Fig. 9. Fadenkeimung. Mycelanfänge.
Fig. 10. Stabkeimung bei normaler Hefe.
Fig. 11. Stabkeimung der kleinen Hefe, in der Pellicula.
Fig. 12. b Bacterien, c Leptothrix, s Spirillum.
Fig. 13. Büschelige Hefe. Selten und vereinzelt.
Fig. 14. Weiter verzweigte Stabkeimung (zu Fig. 10).
Fig. 15. Stabkeimung in Kettenform.
Fig. 16. Kleine Kernhefe.
Fig. 17. Kleine Hefe in Büschelform.
Fig. 18. Hefe im Uebergang zur Torula- und Oidiumform.
Fig. 19, 20. Hefe mit Keimfäden von verschiedener Entwickelung.

Die Pflanzenhaare.

Untersuchungen über den Bau und die Entwickelung derselben.

Von

Professor Dr. Adolph Weiss in Lemberg.

(Hierzu Tafel XX.–XXXII.) *)

I. Einleitung.

Der so durchgreifende und auffallende Unterschied zwischen behaarten und glatten Pflanzen, das Auftreten der Pflanzenhaare bei den einen und das gänzliche Fehlen derselben bei den anderen Gewächsen, der Einfluss, welchen Bodenbeschaffenheit, Klima etc. auf diese Verhältnisse nimmt, hat schon frühe die Aufmerksamkeit der Botaniker auf diese Gebilde gelenkt, und die Anwendung, welche die Pflanzencultur von ihnen macht, ist eine so vielfältige, dass sie auch für den Praktiker erhöhte Bedeutung gewinnen und ihm das Studium derselben nahe legen.

Trotz der zahlreichen und voluminösen Arbeiten über Pflanzenhaare**) wissen wir indess noch sehr wenig Positives über dieselben. Man hat meist versucht, ihnen wegen ihrer früh erkannten Formverschiedenheit und deren geglaubten Constanz, eine grössere Rolle in der systematischen Botanik zu verschaffen, als sie der Natur der Sache nach haben können, und dabei eine gründliche Kenntniss derselben keineswegs gefördert.

---

*) Zum Druck übersendet am 4. December 1866. D. R.

**) Guettard's Abhandlungen über dieselben füllen für sich gegen 600 Quartseiten der Memoiren der Pariser Academie!

Prüft man die vorhandenen Abbildungen — auch die neuesten — so wird man finden, dass sie mit äusserst wenigen Ausnahmen völlig ungenügend sind. In den meisten Fällen ist kaum die Contour richtig wiedergegeben, der Zellinhalt etc. gewöhnlich weggelassen oder ganz oberflächlich behandelt, ihre Anheftungsweise an der Oberhaut fast immer irrig dargestellt oder gar nicht beachtet. Ueber die stofflichen Verhältnisse in den Haarzellen, sowie deren Bedeutung für die Zellen der Oberhaut und umgekehrt, fehlen so gut wie alle Angaben.

Es ist demnach nicht einmal Gestalt und Bau dieser in der Pflanzenwelt so verbreiteten Organe genauer durchforscht und in weit höherem Grade gilt das von der Entwickelung und dem Wachsthume derselben, über welche Punkte wir grösstentheils falsche und noch gar keine, alle Stadien umfassende, Daten besitzen.

Da eine Ergründung der Functionen der Pflanzenhaare welche sicher für den Haushalt der Gewächse wichtige Factoren sind, nur ermöglicht werden kann, wenn man vor Allem hinsichtlich des anatomischen Baues und der Entwickelung derselben völlig in's Klare gekommen ist, habe ich zunächst darauf mein Hauptaugenmerk gerichtet. — Soweit es mit Hülfe chemischer Reagentien möglich ist, habe ich ferner gesucht, auch über die stofflichen Verhältnisse und Veränderungen während der Entwickelung der Haarzellen einiges Licht zu verbreiten, und die Entwickelung selbst, für die verschiedensten Haarformen, vom einfachsten bis zum zusammengesetztesten zu ermitteln getrachtet. Durch mit grosser Mässigung ausgewählte und auf das Sorgfältigste ausgeführte Abbildungen sollen die gemachten Beobachtungen veranschaulicht und erhärtet werden.*)

Dass ich im Texte bei in ihren Dimensionen so veränderlichen Gebilden, wie die Pflanzenhaare sind, dennoch zahlreiche von mir gemachte Grössenabmessungen derselben mittheile, wird man sicherlich nicht ungern sehen, weil dadurch die Vergleichung der einzel-

*) Ich kann hier nicht unterlassen, mit dem grössten Danke der Bereitwilligkeit zu gedenken, mit welcher der allverehrte Herausgeber dieser Zeitschrift, Herr Prof. Karsten, meinen Wünschen entgegen kam, um so mehr, da zahlreiche Tafeln für ein periodisches Unternehmen so ausserordentlich kostspielig werden.

nen Formen am leichtesten ermöglicht wird und weil wir bisher überhaupt keine Abmessungen derselben nach Einem Systeme besitzen. Bei den Abbildungen ist es schon des so verschiedenen Details wegen nicht angezeigt, sich stets an Einerlei Maassstab zu binden und es schien mir daher auch aus diesem Grunde nöthig, die absoluten Zahlenwerthe und zwar die Maxima und Minima dem Texte beizufügen.

Wenn ich ferner die ausführliche Literatur des Gegenstandes meinen eigenen Beobachtungen vorausschicke, so dürfte das gerechtfertigt erscheinen. So sehr ich auch im Allgemeinen der Ansicht bin, es sei durchaus verfehlt, bei jeder neuen Mittheilung stets den ganzen Ballast der vorhergehenden Arbeiten wieder mitzuschleppen, muss ich doch bekennen, dass ich bei ausgedehnten Untersuchungen es für durchaus nothwendig erachte, die ganze Summe unseres Wissens nach den Originalquellen zu behandeln. Von Zeit zu Zeit sind derartige Zusammenfassungen unumgänglich nöthig, will man nicht ewig lückenhaft einen Gegenstand behandelt sehen, und speciell im vorliegenden Falle war eine Sichtung des vorhandenen zum grossen Theile unbeachtet gebliebenen Materials dringend geboten.*)

Am Schlusse der Arbeit habe ich in gedrängter Kürze die Resultate meiner Beobachtungen im Zusammenhange gegeben.

Begonnen wurden die vorliegenden Untersuchungen bereits im Jahre 1855. Durch meine 1862 erfolgte Berufung und Uebersiedelung nach Lemberg, die unmittelbar darauf folgende polnische Insurrection und ihre Nachwirkungen, sowie durch die ungünstigen Verhältnisse in Lemberg überhaupt, wurden sie indess längere Zeit unterbrochen und erst 1864 wieder aufgenommen. Ich habe sie nunmehr zum Abschlusse gebracht, um nicht neue Unterbrechungen eintreten zu lassen, so gern ich manche Punkte noch mehr vervollständigt hätte.

Die in literarischer Beziehung grenzenlos vereinsamte Lage Lembergs, der Mangel einer ordentlichen öffentlichen Bibliothek

*) Ich habe die Literatur chronologisch geordnet und dabei immer nur das Neue in den aufeinanderfolgenden Schriften, meist mit den Worten der Verfasser, aufgezählt.

und sogar genügenden Untersuchungsmateriales, sowie jeglicher Anregung und jedes Umganges mit Fachgenossen, mag viele Lücken entschuldigen, welche ausgefüllt worden wären, wenn ich unter anderen, günstigeren äusseren Verhältnissen die Arbeit hätte vollenden können.

Was die Literatur betrifft, war ich unter diesen Umständen lediglich auf meine eigene, glücklicherweise ziemlich reiche Privatbibliothek angewiesen, doch hoffe ich, dass mir nichts Wesentliches entgangen sein wird. An redlichem Willen, alle bisher bekannten Thatsachen zu kennen und zu sammeln, hat es mir wenigstens nicht gefehlt.

Die Beobachtung der ersten Stadien entstehender Haare ist nicht immer leicht und es erfordert viel Geduld und Mühe, sowie eine sichere Hand zum Präpariren, bis man da nur halbwegs zum Ziele gelangt. Wo ich im Unklaren war, habe ich dieselbe Pflanze oft mehrere Jahre hintereinander vorgenommen, denn es dauert gewöhnlich die Periode nur kurze Zeit, in welcher man mit Hoffnung auf Erfolg nach den jüngsten Haarstadien suchen kann; im fertigen Knospenzustande der Organe sind sie häufig schon völlig angelegt und man muss da meist bis zu den ersten Entwickelungsstufen der betreffenden Organe selber zurückgehen, um auch die der darauf vorkommenden Haare zu erhalten. Es ist eine durchaus irrige Ansicht, zu glauben, die Haare entständen später als ihre Träger; in den meisten Fällen ist mit der ersten Anlage eines Organes auch schon die erste Anlage einiger Haare gegeben, und man wird daher meist ausser in ganz jungen Knospen vergebens sich nach frühen Entwickelungsstufen dieser Gebilde umsehen.

Bei Erörterung der physiologischen Bedeutung der Haare habe ich mich lediglich an die von mir und Anderen gefundenen Thatsachen gehalten und jede Hypothese vermieden, die nicht durch eine Summe unbestreitbarer Daten gerechtfertigt wird; man ist, glaube ich, gerade in diesem Punkte viel weiter gegangen, als man hätte sollen, indem man den Pflanzenhaaren Functionen ich möchte sagen octroirte, welche nichts weiter als das natürliche Ergebniss rein physicalischer Erscheinungen sind.

Die Wurzelhaare habe ich nicht in den Kreis meiner Untersuchungen gezogen. Sie sind einzellig; über die Entwickelung,

den Bau derselben etc. haben die vortrefflichen Arbeiten von Sachs u. A. genügend Licht verbreitet.

II. Literarisches und Kritisches.

Es ist begreiflich, dass bereits die ersten Schriften über die Anwendung des Mikroskopes auf das Studium der Gewächse, Mittheilungen über Pflanzenhaare enthalten; so aphoristisch dieselben auch meistentheils sind, enthalten sie viele und wichtige Andeutungen.

R. Hooker*) giebt eine Abbildung und Beschreibung der Brennhaare der Nessel, die für seine Zeit alle Anerkennung verdient. Der scharfsinnige Beobachter hatte durch Versuche gleich eine im Allgemeinen ganz richtige Idee von denselben bekommen. Sie bestehen nach ihm aus zwei Theilen, der obere, in eine scharfe Spitze endend, ist sehr hart und steif, ausserordentlich durchsichtig und seiner ganzen Länge nach hohl. Der untere Theil hat fast das Aussehen eines Beutels von grünem Leder und ist das Receptaculum des giftigen Saftes, der durch den Druck ausfliesst, wenn die Spitze in die Haut eindringt.

Sein Zeitgenosse und Landsmann N. Grew**) giebt Abbildungen der Narbenhaare der Cynarocephalen und spricht bereits die Vermuthung aus, die Haarbekleidung möchte wohl den jungen Pflanzen zum Schutze gegen wechselseitigen Druck in ihrer Knospenlage dienen. Darin bestärke ihn die Erscheinung, dass die Haare, sobald die Theile robuster geworden sind, häufig abfallen.

Malpighi***) gedenkt der Pflanzenhaare mehrfach. Zunächst (p. 58) scheint es ihm zweifelhaft, ob dieselben zum Schutze der Pflanzen da sind, oder zur Excretion überflüssiger Stoffe. Junge Knospen sind behaart wohl nur zum Schutze gegen Druck, denn da die Haare später abfallen, können sie wohl kaum für das Leben von Wichtigkeit sein. Da nach Malpighi die Haare wohl nur Fort-

---

*) Hooker, R., Micrographia. London 1665. Schem. XV. Fig. 1. Fol. 142.

**) Grew, N., The anatomy of plants. London 1682. B. I. Ch. 4. und B. IV. Ch. 2. Tab. 61, Fig. 8.

***) Malpighi, M., Opera omnia. Tom. II. 1686. p. 58 u. 84 (De pilis). Tab. 23, Fig. 132.

25

setzungen feiner Querschläuche des Zellgewebes sind, muss der in ihnen der Luft ausgesetzte Saft, wenn er verflüchtigbar ist, sehr leicht ausströmen, da ihm die Zellhaut wenig Widerstand entgegensetzen kann. Auch die einsaugende Kraft der Wurzelhaare schloss Malpighi sehr folgerichtig aus den ihm bekannten Thatsachen, nur ist es ihm zweifelhaft, ob nicht jene Wurzeln, welche Wurzelhaare treiben, durch dieselben Nahrungssaft lediglich aufspeichern lassen, damit er von ihnen leicht weiter verbreitet werden könne. Er hat eine Abbildung der geästeten Haare vom Kelche des Gartenmohns gegeben und hält diese eigenthümliche Haarform für einen Generalcharakter der Papaver-Arten. Sonderbarerweise gedenkt Leeuwenhoek*) der Pflanzenhaare nirgends. Tournefort**) entdeckte die Sternhaare der Nymphaeen.

So gering nun auch diese wenigen Angaben sind, welche diese vier so hochberühmten Schöpfer der Pflanzenanatomie für unseren Gegenstand bieten, so hatten sie denselben doch im hohen Grade der Beachtung werth gehalten. Leider schritt ihre Zeit auf der Bahn nüchterner Beobachtung, welche sie erschlossen, nicht weiter und es kam eine Periode des Verfalls in die Wissenschaft, welche sich hauptsächlich durch ihre speculative Richtung kennzeichnet und ausserordentlich arm an factischen Bereicherungen der Lehre vom Baue der Pflanzen ist. Erst nach der Mitte des nächsten Jahrhunderts begegnen wir wieder Arbeiten, welche reich an Beobachtungen sind, wenn auch der Zweck, zu welchem sie angestellt wurden, in den meisten Fällen ein ganz unfruchtbarer war. Speciell für Pflanzenhaare knüpft sich da an die umfassenden Arbeiten von Guettard eine neue Periode. Die Abhandlungen, welche derselbe über Pflanzenhaare von 1745 bis 1759 der Pariser Academie übergab, füllen 560 Quartseiten ihrer Memoiren und enthalten eine solche Menge von Beobachtungen, dass ein kurzer Auszug derselben an diesem Orte um so eher angezeigt erscheint, als mit Ausnahme der ersten seiner 11 Abhandlungen alle übrigen so gut wie unbekannt geblieben sind. Guettard's Grundgedanke war, das ganze Gewächsreich zwar nicht lediglich, aber doch hauptsäch-

*) Leeuwenhoek, A. v., Arcana naturae. Delphis Batav. 1695.
**) Tournefort, Histoire de l'acad. royale des sciences. Paris 1690.

lich nach der Gestalt und dem Vorkommen der Haare einzutheilen und er hat dieser seiner Lieblingsidee einen steigenden Kraftaufwand gewidmet, der eben nur bedauern lässt, dass er an eine so unfruchtbare und unhaltbare Idee verschwendet wurde. Plumier, Tournefort, Vaillant, Haller, Linné u. A. mögen ihn durch ihre Bemerkungen über die Wichtigkeit der Pflanzenhaare für die Systemkunde auf seine Idee gebracht haben, in welcher er durch de la Hire und Reneaume nur bestärkt wurde.

Die erste und bekannteste der Haararbeiten Guettard's*) handelt mehr im Allgemeinen von denselben. Er unterscheidet Haare (poils), welche sich mehr oder weniger fadenartig ausbilden, Stacheln (épines), d. i. Haare, welche sehr steif und hart sind und bei der Berührung hängen bleiben, und Drüsen (glandes), haarartige Körper von meist kugeliger oder sphärischer Gestalt. Alle Haargebilde ruhen nach ihm auf einem Fussgestelle oder Piedestale (mamelon), das entweder einfach oder zusammengesetzt ist. Diese seine Ansicht hat sich, so falsch sie natürlich ist, bis auf Schrank erhalten, der zuerst das Allgemeine dieses sonderbaren Satzes bezweifelte. Merkwürdigerweise widersprechen mehrere Figuren Guettard's selbst dieser seiner Behauptung von dem allgemeinen Auftreten eines Piedestals der Haare (z. B. Taf. II. Fig. 6, 9, 10, 16—19), so dass es ganz unbegreiflich erscheint, wie er dieselbe mit solcher Bestimmtheit aussprechen konnte. Guettard unterscheidet 20 verschiedene Gattungen von Haaren, die er nach ihrer Gestalt benennt und welche er auch abbildet, doch in derart unvollkommener Weise, dass thatsächlich kaum eine seiner Figuren einem Pflanzenhaare ähnlich sieht, und dieselben weit hinter den 50 Jahre älteren Zeichnungen von Hooker und Grew zurückbleiben.**) Er unterscheidet 1) Filets à mamelon globulaire; sie sind wegen ihrer Kürze eigentlich auszuscheiden. Er fand

*) Guettard, Sur les corps glanduleux des plantes, leurs filets ou poils, et les matières qui en sortent. (Mémoires de l'académie royale des sciences. année 1745. Paris 1749. p. 261—308, et Tab. I. und II.)

**) Um seine Ausdrücke anschaulich zu machen, verweise ich auf die von mir gegebenen Abbildungen der entsprechenden Haarformen und nicht auf die seinen; auch habe ich meist Schrank's Uebersetzung denselben beigefügt, um gleich dessen Arbeiten mit denen Guettard's vergleichbar zu machen.

sie nur bei Fragaria vesca (Tf. XXIII.*) F. 111). 2) Filets cylindriques (cylindrische Haare), deren Durchmesser nahezu gleich bleibt. Leguminosen, Rosaceen etc. (Tf. XXIII. F. 106; Tf. XXX. F. 331). 3) Filets coniques (conische Haare). Sind die häufigst vorkommenden. Scrophularineen, Cruciferen, Malvaceen etc. (Taf. XXVI. Fig. 177, 183). 4) Filets en poinçon (Haarnadelborsten), wo die Epidermiszellen der Haarbasis das Fussgestell ausmachen. Borragineen etc. (Taf. XXII. Fig. 87; Taf. XXVI. Fig. 181). 5) Filets en larme batavique ou en massue (keulenförmige Haare). Selten an Blättern, häufig an Blumenblättern. Linaria, Euphrasia etc. (Taf. XXIII. Fig. 113). 6) Filets à cupule (Köpfchenhaare). Sie sind entweder gegliedert oder nicht gegliedert. Leguminosen, Granatapfel etc. (Taf. XXVIII. Fig. 211; Taf. XXXI. Fig. 372, 373, 399). 7) Filets en aiguille courbe (Häkchenhaare), welche oben eine gekrümmte Spitze tragen. Krapp etc. (Taf. XXVI. Fig. 175). 8) Filets en crosse (Krückenhaare). An den Samen von Agrimonia etc., sind Borsten, ebenso wie 9) Filets en hameçon (Angelborsten). An den Samen von Cynoglossum, Buglossum etc. 10) Filets en crochet (Gabelhaare) (Tf. XXIV. F. 144; Tf. XXVI. Fig. 184). 11) Filets en y grec (Sternborsten). Cruciferen etc. (Taf. XXV. Fig. 161). 12) Filets en navette (Schützenborsten). Verbena, Periploca, Humulus lupulus etc. (Tf. XXIII. F. 104, 105).

Alle diese Haarformen sind nach Guettard nicht gegliedert, d. h. einzellig. Dem widerspricht indess auf das Grellste seine eigene Fig. 7, 8, 11, 12, 13 etc. auf Taf. II., welche sämmtlich gegliedert (articulées) sind. Von seinen Gliederhaaren führt er auf: 13) Filets en alêne (Ahlborsten). Urtica etc. (Tf. XXV. F. 165). 14) Filets articulées (Gliederhaare). Labiaten etc. (Taf. XXII. Fig. 78; Taf. XXVIII. Fig. 244). 15) Filets à valvûle (Zwischenwandhaare). Compositen etc. (Tf. XXII. F. 81; Tf. XXIII. F. 108), unterscheiden sich von den vorigen nur dadurch, dass sie keine Absätze haben. 16) Filets graines (Perlenschnurhaare). Melonenblüthe, Citronen etc. (Tf. XX. F. 7; Tf. XXI. F. 30). 17) Filets à noeuds ou noueux (Bollenborsten). Chelidonium, Glaucium.**)

*) Die im Folgenden citirten Tafelnummern beziehen sich auf die beigegebenen Tafeln.

**) Diese Haare sind mir unbekannt. Glaucium und Chelidonium haben eben nur einfache mehrzellige Haare.

18) Filets à goupillons (Zwischenknopfhaare). Die Knoten sind nämlich selbst mit kleinen Haaren besetzt. Phlomis, Verbascum (Taf. XXIV. Fig. 137). 19) Filets en plume (Federhaare). Pulmonaria, Hieracium (Taf. XXV. Fig. 159, 160). 20) Filets en houppe (Haarwarzen). Cistus, Helianthemum etc. (T. XXIV. F. 145).

Am Schlusse dieser seiner Abhandlung gelangt Guettard zu einer allgemeinen Eintheilung. Er setzt nämlich voraus, dass die Haare Secretionsorgane und ihre Piedestale Drüsen seien und erhält dann

A. Drüsen ohne Secretionsorgane: eigentliche Drüsen (glandes).
B. Drüsen mit Secretionsorganen: eigentliche Haare (Filets ou poils). Diese sind:
    1) mit einem einzigen Secretionsorgane:
        α) gegliedert (Filets articulées, à valvûle, graines etc.),
        β) ungegliedert (Filets cylindriques, coniques, en poinçon etc.);
    2) mit mehreren Secretionsorganen (Filets en houppe etc.).

Wie vieldeutig schon die erste Annahme bei dieser Eintheilung ist, springt in die Augen.

In den folgenden 10 Abhandlungen*) geht Guettard die wich-

---

*) Die Titel und Jahreszahlen dieser Abhandlungen sind:

a) Seconde mémoire sur les glandes des plantes et le premier sur l'usage, que l'on peut faire de ces parties dans l'établissement des genres des plantes. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1747, p. 515—560.)
b) Troisième mémoire sur les glandes des plantes et le seconde sur l'usage etc. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1747, p. 604—643.)
c) Quatrième mémoire sur les glandes des plantes et le troisième sur l'usage etc. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1748, p. 441—500.)
d) Cinquième mémoire sur les glandes des plantes et le quatrième sur l'usage etc. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1749, p. 322—378.
e) Sixième mémoire sur les glandes des plantes et le cinquième sur l'usage etc. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1749, p. 392—444.)
f) Septième mémoire sur les glandes des plantes et le sixième sur l'usage etc. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1750, p. 179—236.)
g) Huitième mémoire sur les glandes des plantes et le septième sur l'usage etc. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1750, p. 345—385.)
h) Neuvième mémoire sur les glandes des plantes et le huitième sur l'usage etc. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1751, p. 334—398.)
i) Dixième mémoire sur les glandes des plantes. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1756, p. 307—353.)

tigsten Pflanzengenera durch und beschreibt ausführlich die Familiencharaktere und die beobachteten Haarformen, auf welche letztere er hauptsächlich seine Trennung so vieler von Linné und Anderen vereinten Genera gründet. Seine systematischen Bemerkungen und Excurse sind dermalen werthlos, ich hebe daher aus seinen Abhandlungen nur das Anatomische, d. h. das über die Haare Erwähnte heraus, da es das Aufsuchen geeigneter Pflanzen zur Untersuchung sehr erleichtert. Guettard hat seiner eigenen Aussage nach über 6000 Pflanzenspecies in Bezug auf ihre Haare untersucht, eine Zahl, die natürlich weit über die von mir gewählten Beobachtungspflanzen hinausgeht, und doch sind ihm gerade alle charakteristischen Haarformen ebenso wie seinen Nachfolgern entgangen,*) eben weil er keine Methode in seine Untersuchung brachte.

Um Wiederholungen zu vermeiden, bezeichne ich im Folgenden die 10 Abhandlungen der Reihe nach mit Abh. I. bis Abh. X. und füge nur jedem Genus die Seitenzahl der betreffenden Abhandlung zum etwaigen Nachschlagen bei.**) Auch glaubte ich allen Gattungen die Namen ihrer Autoren, welche Guettard wegliess, beifügen zu sollen, so dass sich dann die wenigen nachfolgenden Seiten zu einem wahren Repertorium der an Pflanzen vorkommenden Haarformen gestalten, während die an 600 Quartseiten haltenden Original-Abhandlungen durchaus keine Uebersichtlichkeit gewähren.

I. Abhandlung. 1747. S. 515 ff.

Vesicaria *Lam.* 517.

Horizontale, auf einem Zellhügel gruppirte Sternhaare.

Lunaria *L.* 518.

Sehr kleine, einfache, conische Haare an allen Theilen mit Ausnahme der Filamente und Blumenblätter.

---

k) Mémoire sur le caractère spécifique des plantes. (Mémoires de l'académie des sciences, année 1759, p. 121—154.)

*) Meine Fig. 13, 41, 45, 51, 58, 60—62, 73—77, 94, 102, 106, 109, 112, 114, 116, 151, 154, 155, 162, 179, 182, 183, 199, 255, 267, 279, 285, 304, 307, 330, 365, 424 etc. abgebildeten Haarformen sind als solche sämmtlich noch nicht beobachtet gewesen und ich hätte ihre Zahl ohne Mühe noch vergrössern können.

**) Clethra I. 558 heisst daher, dass über Clethra die Daten im I. Mémoire, Seite 508 zu finden sind u. s. w.

Myagrum *L.* 518. (Siehe II. Abh. 619.)

Perpendiculäre Sternhaare.

Stellaria *L.*, **Corispermum** *L.* 519.

Diese bekanntlich von Linné vereinten Genera trennt Guettard. Stellaria hat kugelförmige Köpfchenhaare, Corispermum nicht, dagegen büschelförmige Haare (fil. en houppe).

Omphalodes *Tourn.*, **Cynoglossum** *Tourn.* 520.

Cynoglossum. An den Blättern einzellige conische Haare, an den Samen die gleichen Haarformen, Omphalodes an den Samen conische Haare, deren Spitze sich in 4, selten 5—6 gebogene Haken theilt.

Hypocystis *Tourn.*, **Asarum** *Tourn.* 521.

Hypocystis hat becherförmige Köpfchenhaare, Asarum einfache cylindrische und conische.

Blattaria (?), **Verbascum** *L.* 522.

Verbascum hat büschelförmige Haare und die so charakteristischen zusammengesetzten (Tf. XXIV. F. 137); die ächten Blattaria haben keinen Filz, sondern nur wenige becherförmige Köpfchenhaare an allen ihren Theilen, nebstdem mehrzellige cylindrische kurze Haare an ihren Blättern, und kolbenförmige an Staubfäden und Corolle.

Cicer *Tourn.*, **Lens** *Tourn.* 527.

Cicer-Arten haben an allen ihren Theilen becherförmige Köpfchenhaare, welche eine wasserhelle, klebrige Substanz absondern, die schon ausströmt, wenn man die Pflanze nur berührt. Lens hat die den Papilionaceen eigenthümlichen einfachen cylindrischen Haare ohne Köpfchen u. dergl.

Atractylis *Cass.*, **Carthamus** *Tourn.*, **Carthamnoides** *Vaill.* 528.

Atractylis hat becherförmige Köpfchenhaare; an den Samen einen Haarkranz, der der Gattung Carthamus fehlt. Diese hat kugelförmige Drüsenhaare und mehrzellige conische Haare. Die Drüsenhaare beider schwitzen eine Substanz aus, die beim Vertrocknen einen Filz von langen weissen Fäden bildet.*) Die Gat-

*) Sonderbarerweise glaubt Guettard, dass überall dort, wo an der Pflanze ein Haarfilz angetroffen wird, dieser nicht aus selbstständigen Haaren bestehe, sondern ein fadenförmig abgesondertes Secretionsproduct von Köpfchenhaaren sei.

tung Carthamnoides unterscheidet sich durch den Mangel dieses Filzes.

Hedypnois *Gärt.*, Lampsana *Vaill.*, Rhagodiolus *Tourn.*, Rhagodioloides *Vaill.*, Zacintha *Tourn.* 530.

Hedypnois und Rhagodioloides haben mehr oder weniger gekrümmte Gabelhaare und unterscheiden sich dadurch von den anderen 3 Gattungen, die eben nur mehrzellige conische Haare besitzen.

Bursa pastoris *Tourn.*, Thlaspi *Dill.* 531. (Vergl. II. Abh. 621.)

Bursa pastoris hat Sternhaare, welche oft sehr zusammengesetzt sind, so dass ihrer 2—3 auf einem und demselben Piedestal stehen, oft aber wieder so einfach, dass sie nur fadenförmig erscheinen. Thlaspi hat diese Sternhaare nicht, sondern nur einfache conische Haare.

Scherardia *Dill.* 532. (Vergl. VI. Abh. 191.)

Diese von Linné eingezogene Gattung will Guettard ihrer Haare wegen beibehalten wissen. Diese sind Schützenhaare (Taf. XXIII. Fig. 105), welche auf einem grossen Zellhügel ruhen.

Galega *Tourn.*, Emerus *Tourn.* 533. (Vgl. V. Abh. 392.)

Galega hat weberschützenartige Haare, Emerus gewöhnliche cylindrische.

Mentha *L.*, Menthastrum *Riv.* 535. (Vgl. VIII. Abh. 381.)

Letztere von Rivin gegründete Gattung will Guettard von Mentha getrennt haben; letztere besitzt nur mehrzellige conische und kugelförmige Köpfchenhaare, während Menthastrum verästelte Haare hat.

Dictamnus *L.* 536.

Verzweigte Haare, deren Aeste alternirend stehen.

Castanea *Tourn.*, Fagus *Tourn.* 537.

Fagus hat einfache cylindrische Haare, welche an den Früchten grösser sind und conisch werden; Castanea desgleichen, nur dass da an den Früchten büschelförmige Haare vorkommen.

Ceratoides *Tourn.* 538.

Büschelförmige Haare.

Lycopersicon *Tourn.*, Melongena *Tourn.*, Solanum *L.* 538.

Linné vereinte diese von Tournefort getrennten Gattungen als Species von Solanum. Von letzteren haben die stachlichen sämmtlich büschelförmige Haare, die anderen cylindrische, mehrzellige. Lycopersicum nebst Cylinderhaaren noch becherförmige Köpfchenhaare, welche eine schmierige Substanz aussondern. Melongena endlich hat büschelförmige Haare.

Gentiana *Tourn.* 542.

Erscheinen ohne Haare und Drüsen.

Phlomis *L.* 543.

Alle, mit Ausnahme einer einzigen Art (la phlomis d'Orient à feuilles d'écoupées), haben Büschelhaare und die den Verbascum eigenthümlichen zusammengesetzten Haare.

Apocynum *L.* 543.

Eine einzige Art (d'Amerique à feuilles oblongues étroites et velues) hat weberschützenförmige Haare, alle anderen einfache kegelförmige.

Sisymbrium *L.* 544.

Wenige Arten haben verästelte Haare, die meisten einzellige kegelförmige.

Gramineae. 545.

Die Haare fehlen entweder ganz oder sind cylindrisch. An den Bracteen stehen oft verästelte Haare, welche 5—6 einfache, nicht wieder getheilte Aeste besitzen.

Amarantus *L.* 545.

Entweder glatt oder mit einfachen conischen Haaren besetzt. Eine einzige Art (vom Ganges) hat Büschelhaare, in deren Mitte sich ein viel längeres einzelnes Haar erhebt. Guettard schlägt sie daher als neue Gattung vor.

Betonica *L.* 546. (Vergl. VIII. Abh. 386.)

Alle haben mehrzellige Haare und zwischen ihnen kugelförmige Köpfchenhaare, bis auf eine einzige Art, welche Büschelhaare trägt, bestehend aus 5—7 horizontal liegenden Haaren, aus deren Mitte sich ein viel robusteres erhebt.

Uva ursi *Tourn.* 545. (Vgl.. II. Abh. 634.)

Kurze conische Haare, eine Art (à feuilles d'olivier) ist bedeckt mit horizontal stehenden Büschelhaaren.

Spiraea *L.* 547. (Vergl. VII. Abh. 346.)

Alle haben wenige, kurze, conische Haare und innere Drüsen.

Barba jovis *Mönch.*, Amorpha *L.*, Dorycnium *Tourn.*, Psoralea *L.*, Dalea *L.* 548.

Von diesen Gattungen hat die erste die gewöhnlichen cylindrischen Papilionaceenhaare, die zweite weisse, durchsichtige Drüsen in ihrer Blattsubstanz, Dorycnium cylindrische Haare, Psoralea gelbe und Dalea grünliche innere Drüsen und cylindrische Haare.

Borbonia *L.* 551. (Vergl. III. Abh. 443.)

Cylinderförmige Haare und kirschfarbene innere Drüsen.

Diosma *Lour.* 552.

Einzellige kegelförmige Haare und innere Drüsen.

Phylica *L.* 552.

Kurze, conische Haare, keine Drüsen.

Sesamum *L.*, Digitalis *Tourn.* 552.

Letztere Gattung hat cylindrische Haare, gemischt mit becherförmigen Köpfchenhaaren, Sesamum zahlreiche Schuppen von viereckiger oder trapezoidischer Gestalt.

Mimulus *L.* 553.

Becherförmige Köpfchenhaare.

Anastatica *Gärtn.* 554.

Alle Theile mit Ausnahme der Staubfäden haben vertical stehende, an Grösse sehr verschiedene Sternhaare, welche 2—4 Aeste besitzen. Zwischen ihnen sieht man spärliche einzellige conische Haare.

Melastoma *Burm.* 554.

Büschelhaare und zusammengesetzte wie Verbascum-Arten. Die Haare der Büschel sind meist gerade, klein, steif und weiss gefärbt. Die zusammengesetzten tragen nur Einen Kranz von Aesten an ihrer Spitze und fallen häufig ab.

Grossularia *Tourn.* 558.

Cylindrische und becherförmige Köpfchenhaare.

Cassis *L.* 558.

Goldgelbe Schuppen und Drüsen.

Clethra *L.* 558.

Büschelhaare, gebildet durch 4—6 horizontale Haare. Dabei auch lange conische Haare.

Pyrola *Tourn.* 559.

Meist glatt oder spärliche becherförmige Köpfchenhaare.

II. Abhandlung. 1747. S. 604 ff.

Laburnum *DC.* 604.

Cylindrische Haare und blass schwefelgelbe innere Drüsen.

Serjania *Plum.*, Sapindus *L.*, Curruru *Plum.*, Corindum *Tourn.* 605.

Die ersten beiden Genera haben zahlreiche, sehr symmetrisch angeordnete innere Drüsen, die beiden anderen einzellige, kurze, conische Haare.

Beccabunga *Rai.*, Veronica *L.* 606.

Erstere haben conische einzellige und mehrzellige Haare, nebstdem becherförmige und kugelige Köpfchenhaare, in welchen letzteren man oft einen hellen Punkt bemerkt; letztere nur becherförmige Köpfchenhaare.

Geum *L.*, Saxifraga *L.* 609.

Beide haben conische mehrzellige Haare und becherförmige Köpfchenhaare.

Cacao *Tourn.*, Guazuma *L.* 610.

Cacao hat nur kurze conische Haare; Guazuma Büschelhaare an allen Theilen, zusammengesetzt aus 6—8 einzelnen Haaren, welche leicht abfallen.

Oxycoccus *Tourn.*, Vitis idaea *Rai.* 611.

Beide sind mit einzelligen, conischen Haaren bedeckt, Vitis idaea hat nebstdem an der Blattunterseite und den Blatträndern keulen- oder becherförmige Köpfchenhaare, welche den Oxycoccus-Arten fehlen.

Napus *Tourn.*, Rapa *Tourn.*, Brassica *L.* 613.

Rapa und Napus haben nur conische Haare, Brassica hingegen büschelförmige.

Gakenia *Heister*, Leucojum *L.*, Hesperis *L.* 615.

Alle ächten Leucojum- und Gakenia-Arten haben horizontal und vertical stehende Sternhaare, letztere haben dazu grosse gelbliche Haare, welche sich oben becherförmig öffnen und einen Saft secerniren. Dies unterscheidet sie von Leucojum-Arten. Hesperis hat neben Sternhaaren, die stets vertical stehen und aus 2—4 Aesten gebildet werden, noch regelmässige Köpfchenhaare.

Raphanistrum *Boerh.*, Crambe *Tourn.*, Myagrum *L.* 619.

Während die erste Gattung einzellige conische Haare, die letzte aber becherförmige Köpfchenhaare trägt, ist die Crambe glatt.

Thlaspi *Dill.*, Lepidium *R. Br.*, Thlaspidium *Turcz.*, Nasturtium *Boerh.* 621.

Lepidium und Thlaspidium haben einzellige conische Haare, letztere nebstdem keulenförmige, welche wohl die Verrichtung von Drüsen haben dürften; Thlaspi ist glatt.

Cheiranthus *R. Br.* 624.

Sternförmige Haare, meist in Gestalt von Andreaskreuzen.

Iberis *Dill.*, Turritis *Dill.* 625.

Erstere haben Sternhaare mit drei, letztere desgleichen mit vier Aesten.

Alkekengi *Tourn.* 626.

Conische mehrzellige Haare, auch verästelte. Viele secerniren.

Symphytum *L.*, Cerinthe *L.* 628.

Symphitum trägt auf grossen Zellhügeln mehr oder weniger gekrümmte Haare, Cerinthe hat wohl die Hügel, doch stehen selten Haare darauf.

Unedo *L.*, Andromeda *L.*, Chamaerododendron, Ledum *Mich.* 630.

Unedo. Die Haare bilden silberglänzende strahlige Platten, doch sind die einzelnen Haare von einander getrennt; Andromeda zeigt einzellige conische Haare, gemischt mit Köpfchenhaaren; Ledum lange einzellige Haare und Köpfchenhaare, deren Stiel haarförmig ist, Chamaerododendron conische Haare und innere Drüsen.

Erica *L.* 633.

Einzellige conische Haare mit spärlichen becherförmigen Köpfchenhaaren gemischt.

Achyranthus *L.* 636.

Zahlreiche einzellige, conische, weisse Haare.

Myrsine *L.*, Bixa *L.* 637.

Erstere haben sehr grosse, kirschrothe innere Drüsen, letztere grosse, einzellige, conische, purpurfarbene Haare an den Früchten.

Androsace *Tourn.*, Diapensia *L.* 637.

Androsace besitzen einzellige, conische Haare, mehrzellige und becherförmige Köpfchenhaare. Erstere sind lang und weiss, letztere

kurz, die Köpfchen purpurfarben. Diapensia hat Haare geästet wie Hirschgeweihe.

Acalypha *L.*, Mercurialis *L.* 639.

Erstere haben neben einzelligen, conischen, weissen Haaren noch auf beiden Blattflächen rothe Drüsen, welche Mercurialis niemals zeigt.

Croton *L.*, Jatropha *Kth.* 640.

Croton ist ganz bedeckt mit Büschelhaaren; bei einigen Arten bestehen sie aus deutlich von einander gesonderten Haaren, bei anderen gehen sie in Schuppen über. Jatropha hat spärliche einzellige Haare, gemischt mit becherförmigen Köpfchenhaaren.

Ricinus *Tourn.* 642.

Einfache conische Haare und napfförmige Köpfchenhaare, die an der Unterseite der Blätter und zu 3—5 am Kelche sitzen.

III. Abhandlung. 1748. S. 441.

Rhamnus *Juss.*, Alnus *Tourn.*, Paliurus *Tourn.*, Alaternus *Tourn.*, Ziziphus *Juss.* 441.

Alle haben einfache conische Haare, Rhamnus und Alaternus noch innere Drüsen, durch welche die Blätter von letzterem weiss punktirt erscheinen.

Laurus *Tourn*, Cinnamomum *Burm.*, Camphora *Nees*, Persea *Gärtn.*, Borbonica *L.*, Benzoë *Nees*, Sassafras *Nees.* 443.

Benzoë und Camphora haben lange Haare und gelbliche Drüsen; Sassafras desgleichen, doch sind auch die Haare gelblich; Borbonia an den Blättern zahllose Haare und gelbliche Drüsen; Laurus abfallende Haare, deren Piedestale dann Drüsen vorstellen, und Persea nur wenige kurze, conische Haare.

Cannabis *Tourn.*, Cannabina *Tourn.* 445.

Cannabis hat grosse rundliche Fussgestelle und darauf robuste Haare; Cannabina keulenförmige secernirende Gebilde.

Plantago *L.*, Psillium *Tourn*, Coronopus *Hall.* 446.

Plantago und Coronopus haben mehrzellige Haare, welche bei ersteren oft sehr lang und braun, oder kurz und farblos sind; Psillium hat nebst diesen Haaren noch becherförmige Köpfchenhaare, insbesondere an den Blüthenstielen und Kelchen.

Chamaedrys *Tourn.*, Polium *Tourn.*, Bugula *Tourn.*, Scorodonoides *Bauh.*, Teucrium *L.* 447.

Polium haben entweder einfache mehrzellige, oder verästelte Haare; Scorodonoides die gewöhnlichen mehrzelligen Haare der Labiaten und wasserhelle, becherförmige Köpfchenhaare; Teucrium conische Haare, zwischen ihnen manchmal einen ockergelben Filz, auch wohl Köpfchenhaare; Chamaedrys Köpfchenhaare wie mehrere Teucrium-Arten, doch sondern sie hier eine klebrige Masse aus; Bugula einfache conische und mehrzellige Haare, dazwischen kugelige, wasserhelle Drüsen. — Aus allem dem, glaubt Guettard, solle das Genus Polium hergestellt und alle Pflanzen der betrachteten Kategorien damit vereint werden, welche ästige Haare besitzen, die übrigen aber zu einem neuen Genus verbunden werden.

Myrtus *Tourn.*, Myrica *L.* 454.

Beide haben innere Drüsen, an jungen Aesten auch kurze, cylindrische, weisse Haare.

Tithymalus *Juss.*, Euphorbium *Juss.*, Tithymaloides *Juss.* 456. (Vergl. VII. Abh. 350.)

Alle haben mehr oder weniger lange und steife Cylinderhaare, Tithymalus dabei innere Drüsen.

Polygala *E.*, Chamaebuxus *Dill.*, Paenea *L.* 461.

Paenea hat kurze Haare, die anderen conische Haare auf grossen Piedestalen, dabei auch innere Drüsen.

Chenopodium *L.*, Atriplex *L.*, Atraphaxis *L.*, Halimus *Löffl.* 462.

Atraphaxis hat conische Haare, Chenopodium und Atriplex zahlreiche Drüsen, die bei Chenopodium meist goldgelb sind. Viele Pflanzen dieser Abtheilungen haben einen Filz, und die Haare derselben schwitzen eine salzige Substanz aus. Halimus hat nur Schuppen, getragen von einem Piedestale.

Lapathum *Campd.* 466.

Kurze Haare auf gestreckten Zellhügeln, dabei kleine Drüsen.

Acetosa *Campd.* 466.

Goldgelbe innere Drüsen.

Chenopodioides *Vaill.* 467.

Die Mehrzahl besitzt einen secernirenden Filz.

Camphorata *Mönch.* 468.

Lange conische Haare.

Cheiranthoides *Vaill.* 468.

Conische Haare und mehr oder weniger hervortretende, rothe, becherförmige Köpfchenhaare, auch Drüsen, wie sie bei Cassis vorkommen.

Hedysarum *Desv.*, Onobrychis *Tourn.* 469.

Beide haben bräunliche innere Drüsen und cylindrische Haare.

Melianthus *Tourn.* 473.

Die einen Arten haben Büschelhaare, die anderen becherförmige Köpfchenhaare.

Fumaria *Tourn.* 474.

Glatt, nur vereinzelte Haare an den Blüthen.

Balsamina *Gärtn.* 474.

Kurze, conische, mehrzellige Haare.

Orobanchoides *E.* 474.

Die Mehrzahl hat kurze Haare, einige Wenige auch Büschelhaare.

Epimedium *L.* 475.

Büschelhaare, gemengt mit conischen mehrzelligen Haaren.

Sinapistrum *Mönch.* 475.

Becherförmige Köpfchenhaare, das Köpfchen ist gross und sondert einen klebrigen Saft aus, der sich in Tröpfchen sammelt.

Lonchitis *L.*, Polypodium *L.*, Osmunda *L.*, Filix, Lingua, Polytrichum *L.* 475.

Die meisten haben conische Haare, Filix öfters becherförmige Köpfchenhaare, sehr selten sternförmige Haare, eine einzige Art hat verästelte. Lonchitis und Lingua haben häufig weisse oder gelbe oder purpurfarbene bis schwarze Haare von sehr verschiedener Länge, Lingua öfter gemischt mit verästelten Haaren. Büschelhaare kommen bei Farnen sehr häufig vor und zwar sind sie bei Filix regelmässig, bei Polypodium unregelmässig, bei Lingua gemischt mit Asthaaren, bei Polytrichum mit eigenthümlichen zusammengesetzten Haaren, wie sie Verbascum hat. Polypodium zeigt grosse innere Drüsen und Büschelhaare. Die Büschelhaare fallen überall leicht ab und es bleiben nur die gemeinschaftlichen Stiele zurück, welche sie tragen.

Viscum *L.*, Cuscuta *Tourn.*, Basella *L.* 492.

Ohne Haare.

Cereus *Haw.*, Opuntia *Tourn.*, Pereskia *Plum.*, Melocactus *Tourn.*, Echinomelocactus *L.*, Epiphyllum *Pfeiff.* 493.

Guettard sucht bezüglich der Anordnung der Stacheln auf den betreffenden Warzen bestimmte Anhaltspunkte für die Systematik dieser Gruppe zu gewinnen, allein die Inconstanz der Anzahl derselben scheint ihm selbst ein Hinderniss gewesen zu sein.

IV. Abhandlung. 1749. S. 322.

Chamaelinum *DC.*, Linum *L.* 322.

Erstere erscheinen stets glatt, letztere besitzen conische und becherförmige Köpfchenhaare, welche letzteren eine schmierige Materie absondern.

Faba *Tourn.*, Vicia *L.* 324.

Die Faba-Arten sind meist glatt, doch haben sie vereinzelte Haare, auch wohl keulenförmige, letztere besonders an den Früchten. Diese keulenförmigen Haare unterscheiden sie von den Vicien, welche einfache lange und steife, bald weisse, bald röthliche oder goldgelbe Haare besitzen.

Agrimonia *Tourn.*, Agrimonioides *Tourn.* 326.

Die Samen der ersteren haben krückenartig gebogene Haare, die der letzteren einfache cylindrische, und dies allein unterscheidet die Genera, denn cylindrische Haare, gemischt mit secernirenden becherförmigen Köpfchenhaaren, kommen bei beiden vor.

Mimosa *Adans.*, Acacia *Neck.*, Inga *Plum.* 327.

Mimosa trägt becherförmige Köpfchenhaare, Acacia mehr oder weniger gerundete, napfförmige Köpfchenhaare, einzelne Arten zugleich mit Stacheln; anderen fehlen die einen oder die anderen und sie haben nur Wärzchen. Inga besitzt nur einfache kurze Haare.

Lepidocarpodendron *Boerh.*, Hypophyllocarpodendron *Boerh.* 334.

Erstere an den Samen lange steife Haare und scheinbare Haarbüschel; Protea nur einfache weisse Haare.

Medica (?), Medicago *L.*, Foenum graecum *Tourn.* 336.

Die ersteren tragen an den Einfassungen der Frucht meist

grosse, steife Haare, die an ihrer Spitze etwas zurückgebogen sind, oder auch einfache Cylinderhaare; die Medicago-Arten hingegen haben an den Früchten verästelte Haare, überdies an den Blättern meist noch Cylinderhaare; Foenum graecum lediglich die letzteren, aber sehr zahlreich, eine einzige Art hornförmig gebogene Haare.

Lantana *L.* oder Camara *Cham.* 339.

Purpurfarbene becherförmige Köpfchenhaare, welche einen farblosen klebrigen Flüssigkeitstropfen tragen; die Haare im Innern der Blüthe sind einfach conisch und nach dem Centrum derselben gerichtet. Manche Arten besitzen kugelförmige Köpfchenhaare von gelbbrauner, goldgelber oder kirschrother Farbe, selten farblos, dabei robuste conische Haare, die wie bei den Borragineen von einem Hügel (Piedestale), der aus mehreren Zellen zusammengesetzt ist, getragen werden.

Adhatoda *Herm.*, Barleria *L.* 340.

Erstere haben zahlreiche purpurfarbene Köpfchenhaare an den Kelchen und linsenförmige Drüsen, welche den Barlerien fast immer fehlen. Diese haben in der Regel conische mehrzellige Haare und goldgelbe oder farblose Köpfchenhaare.

Ficoides *Dill.* 343.

An Kelch und Blättern weberschützenartige Haare, getragen von einem sehr grossen aufgeblasenen Piedestale; vielen Arten sind auch Büschelhaare eigen, zusammengesetzt aus mehreren, auf einem bräunlichen Zellhügel vereinten Haaren, auch einfache conische Haare kommen bei ihnen vor. Zahlreiche Arten haben grosse Drüsen, welche besonders zu gewissen Zeiten sehr hervortreten und die man für krankhafte Producte hält. Guettard glaubt das nicht, sondern es sind ihm dieselben Behälter, welche eben nur, wenn die Pflanze Saftüberfluss hat, anschwellen. Es sind dieselben weiss und purpurfarben.

Trifolium *Tourn.* 346.

Mit Ausnahme einer einzigen Art haben alle die den Papilionaceen gewöhnlichen Haare. Diese Art (le trèfle d'Orient) zeigt an Blättern und Stengeln keine Besonderheiten, doch weiter hinauf werden die Haare ästig und zeigen Knoten, von denen wieder andere lange, steife Haare abgehen.

Limonium *Vaill.*, Statice *Tourn.* 349.

Erstere haben Büschelhaare, von 5—6 langen steifen Haaren gebildet, und innere Drüsen, Statice wohl die letzteren, aber niemals Büschelhaare.

Globularia *Niss.*, Alypum *L.* 353.

Alypum hat innere Drüsen, welche eine weisse Materie absondern, die entweder in der Drüse bleibt, oder aussen ein Korn bildet; Globularia ähnliche Drüsen, doch ohne Absonderung und conische Haare.

Petasites *Tourn*, Tussilago *Tourn.*, Cacalia *Tourn.* 354.

Alle haben an den Blättern mehrzellige conische oder cylindrische Haare, viele Arten auch einen Haarfilz.

Solidago *L.*, Jacobaea *Tourn.*, Jacobaeoides *Vaill.*, Virga aurea *Tourn.*, Jacobaeastrum *Vaill.*, Aster *Adans.*, Helenium *L.*, Doronicum *L.* 355.

Jacobaea und Virga aurea haben Köpfchenhaare, welche eine schmierige Substanz aussondern und mehrzellige conische Haare; Doronicum einfache Haare, gemischt mit Büschelhaaren und schwefel- bis rothgelben kugeligen Köpfchenhaaren; Aster und Erigeron an den Blättern 2—3zellige Haare und einzelne goldgelbe bis smaragdgrüne Köpfchenhaare, die indess bei vielen Astern fehlen. Helenium ist entweder glatt oder mit kurzen steifen Haaren besetzt, manchmal wohl auch mit einem secernirenden Filze bekleidet. Solidago ist ebenfalls meistens verfilzt und trägt kurze Haare, Jacobaeoides stets frei von Drüsen und mit sehr spärlichen Haaren besetzt; Jacobaeastrum hingegen mit einem secernirenden Filze versehen und ebenfalls frei von Drüsen; Senecio hat eine grosse Anzahl von kugeligen Köpfchenhaaren, welche sehr stark secerniren.

Geranium *Herit.* 362.

Conische oft nach rückwärts gekrümmte Haare und becherförmige Köpfchenhaare, welche Tropfen einer viskösen Substanz secerniren. Selten kommen auch keulenförmige Haare vor.

Origanum *L.*, Majorana *Mönch.* 365.

Origanum hat einzellige conische und mehrzellige Haare, nebstdem goldgelbe kugelige Köpfchenhaare, von denen auch die Blüthe

nicht frei ist; Majorana zeigt stets nur weit kürzere Haare und goldgelbe becherförmige Köpfchen.

Satureja *L.*, Thymbra *L.* 366.

Beide einfache, oft gekrümmte Haare und goldgelbe kugelförmige Köpfchenhaare.

Thymus *L.*, Serpyllum *Benth.* 368.

Conische, mehrzellige Haare und goldgelbe Köpfchenhaare; erstere stehen oft so dicht, dass sie einen Filz bilden.

Clinopodium *L.*, Calamintha *Mönch.* 370.

Erstere haben becherförmige, mehr oder weniger lange Köpfchenhaare, welche eine schmierige Substanz secerniren. Zwischen ihnen befinden sich schwefelgelbe kugelige Köpfchenhaare und mehrzellige conische Haare. Calamintha hat die becherförmigen nie.

Moldavica *Mönch.* 372.

Conische Gliederhaare und schwefelgelbe Köpfchenhaare, doch in geringer Anzahl.

Lamium *L.* 372.

An den Staubfäden kurze weisse Haare, an den Blättern und Stengeln meist ungefärbte, selten goldgelbe Köpfchenhaare.

Galeopsis *L.* 370.

Becherförmige Köpfchenhaare wie Stachys und Teucrium.

Ruyschiana *Mill.*, Hyssopus *L.* 375.

Erstere haben conische Gliederhaare und kugelförmige Köpfchenhaare, bei letzteren sind die Haare kurz, die Köpfchen grün und werden später goldgelb.

Lavandula *L.*, Stoechas *Benth.* 376.

Alle haben ästige Haare und kugelförmige Köpfchenhaare, nur sind sie bei den einen lang und haben wenig Aeste, auch die Drüsen spärlich, bei den anderen sind sie sehr häufig und die Haare noch mehr verzweigt. Zu ersteren gehören eine einzige Lavandula und zwei Stoechas, zu letzteren alle anderen Lavandula und die meisten Stoechas. Die Köpfchenhaare sind übrigens meist ungefärbt, selten gelb oder purpurfarben.

V. Abhandlung. 1749. S. 392 ff.

Coronilla *L.*, Emerus *Tourn.*, Securidaca *Tourn.* 392.

Coronilla und Emerus haben cylindrische Haare, letztere ge-

mischt mit weberschützenartigen, Securidaca dagegen hat nur cylindrische Haare.

Granadilla *Tourn.*, Murucuja *Tourn.* 393.

Beide Genera wurden von Linné vereint; Guettard will sie trennen, denn während Murucuja stets glatt ist, hat Granadilla conische und mehrzellige —, nebstdem auch napfförmige Köpfchenhaare.

Achyrophorus *Scop.*, Hypochaeris *L.* 396.

Beide haben mehrzellige Haare, welche leicht abfallen; die von Achyrophorus sind steif, die von Hypochaeris weich; die Samen des ersteren tragen einen Kranz von einfachen Haaren, die des letzteren von gefiederten Haaren.

Verbena *L.*, Blairia *Houst.* 397.

Guettard schlägt eine Trennung dieser beiden von Linné vereinten Genera vor. Verbena hat conische mehrzellige Haare, getragen von grossen Zellhügeln. Zwischen ihnen an Blättern, Stengeln etc. goldgelbe becher- und kugelförmige Köpfchenhaare. Blairia hat weberschützenartige Haare; die Stacheln sind nichts anderes als steife, krückenartig gebogene Haare. Die Samen und alle Pflanzentheile sind von ihnen bedeckt. Die Zellhügel, welche sie tragen, sind gross und vielzellig. Bezüglich der Steifheit ihrer Haare ähneln sowohl Verbena als Blairia den Borragineen.

Partheniastrum *Ray.*, Tarchonanthos *L.* 399.

Beide tragen an Blättern, Stengeln etc. goldgelbe kuglige Köpfchenhaare, während indess Partheniastrum lange mehrzellige Haare, gemischt mit keulenförmigen, besitzt, fehlen die letzteren bei Tarchonanthos ganz und die Haare sind viel robuster und stärker.

Sedum *L.*, Sempervivum *L.*, Anacampseros *Tourn.*, Cotyledon *DC.*, Crassula *Adans.*, Rhodiola *L.* 400.

Alle besitzen nectarabsondernde Drüsen, während indess Anacampseros und Rhodiola glatt erscheinen, haben Sedum und Sempervivum becherförmige Köpfchenhaare, Cotyledon und Crassula napfförmige Köpfchenhaare auf beiden oder nur auf der unteren Blattfläche und lange steife Haare. Guettard will daher Sedum mit Sempervivum, Crassula mit Cotyledon und Anacampseros mit Rhodiola vereint wissen.

Malvaviscus *Dill.*, Ketmia *Tourn.* 403.

Beide tragen zahlreiche Büschelhaare; bei Malvaviscus bestehen

sie aus 4—6 steifen Haaren auf einem gemeinschaftlichen Hügel und fallen leicht ab, bei Ketmia werden sie gebildet durch 5—7 Einzelhaare, haben auch häufig die Gestalt eines X. Ueberdies ist Malvaviscus schmierig von einer Substanz, welche aus purpurfarbenen, an den Blumenblättern stehenden, becherförmigen Köpfchenhaaren schwitzt, und diese Köpfchenhaare fehlen den Ketmien ganz.

Taraxacomoides *Vaill.* 408.

Einfache mehrzellige Haare und solche mit 2—3 Aesten.

Dens leonis *Vaill.* 409.

Einige Arten haben einen Filz von conischen Haaren, andere an Blättern und Stengeln Federhaare und zusammengesetzte wie Verbascum, nur wenige besitzen braune becherförmige Köpfchenhaare.

Taraxaconastrum *Vaill.* 411.

Spärliche conische mehrzellige Haare und einzelne becherförmige Köpfchenhaare.

Santolina *Tourn.*, Baccharis *L.* 411.

Die ersteren haben zum Theil Büschelhaare, goldgelbe Köpfchenhaare und sind häufig verfilzt; die letzteren vielfach mehrzellige einfache Haare und nur seltener Büschelhaare.

Santalinoides *L.* 414.

Lange gerade Haare und goldgelbe Drüsen an Blättern und Stengeln.

Chrysocoma *Cass.*, Coma aurea *Comm.* 414.

Die Haare meist sehr kurz; Coma aurea besitzt keine Büschelhaare, sondern nur einfache mehrzellige und goldgelbe, kugelige Drüsen.

Helichrysum *DC.* 415.

Weisse Filzhaare, an einzelnen Theilen goldgelbe becherförmige Köpfchenhaare.

Filago *Tourn.*, Gnaphalium *Tourn.* 417.

Alle Filago-Arten haben Filz, mehrzellige Haare und kugelige Köpfchenhaare, welche die Guaphalium-Arten ebenfalls tragen, doch ohne die einfachen mehrzelligen Haare.

Helianthemum *Tourn.*, Cistus *Tourn.* 418.

Alle Cistus-Arten haben Büschelhaare, gebildet aus 10—12 horizontal stehenden kleinen Haaren; auch lange conische Haare kommen bei ihnen vor. Viele secerniren eigenthümliche Substanzen aus becherförmigen Köpfchenhaaren, z. B. das Ladanum. He-

lianthemum-Arten sind in der Regel frei von Büschelhaaren und tragen kurze conische Haare, gemischt mit purpurfarbenen becherförmigen Köpfchenhaaren. Bei jenen Arten, welche Büschelhaare haben, bestehen diese aus 10—12, seltener aus 3—5 unverwachsenen Haaren, welche indess gar nicht selten in Schuppen übergehen und dann verwachsen.

Centaurium *Pers.*, Jacea *DC.*, Cyanus *Vaill.*, Calcitrapa *DC.*, Calcitrapoides *Vaill.*, Rhaponticum *Cass.*, Rhaponticoides *Vaill.*, Amberboi *Isnard.*, Crocodilium *DC.*, Serratula *DC.* 427.

Jacea hat kurze conische mehrzellige Haare, die sich oben in 2—5 Aestchen theilen; an jungen Stengeln finden sich auch Büschelhaare und wie bei Verbascum zusammengesetzte vor, gemischt mit grossen grünlichen oder goldgelben kugeligen Köpfchenhaaren. Rhaponticum trägt rothgelbe, seltener grünliche Köpfchenhaare, die bei Rhaponticoides fehlen und durch einfache mehrzellige Haare ersetzt sind. Bei Centaurium finden sich mehrzellige, Filz bildende Haare und schwefelgelbe kugelige Köpfchenhaare, bei Cyanus Schuppen aus einzelnen verwachsenen Haaren bestehend, ferner grosse steife Haare, Filzhaare und goldgelbe kugelige Köpfchenhaare vor. Amberboi zeigt mehrzellige Haare und schwefelgelbe Köpfchenhaare, Crocodilium einfache Filzhaare ohne alle anderen, Calcitrapa gewöhnliche steife, spitz endende Haare und farblose oder schwefelgelbe Köpfchenhaare, Calcitrapoides endlich Filzhaare und grüne, schwefel- oder goldgelbe Köpfchenhaare, welche indess nur selten irgend eine Substanz secerniren.

Quercus *L.*, Ilex *Tourn.*, Suber *Tourn.* 441.

Alle haben an jungen Organen Büschelhaare, welche häufig gelblich sind und von 5—6 kleinen kurzen Haaren gebildet werden.

VI. Abhandlung. 1750. S. 179 ff.

Cannacorus *Tourn.*, Maranta *Plum.* 180.

Maranta hat an beiden Blattflächen kurze weisse, cylindrische Haare, Cannacorus ist in der Regel glatt.

Salvia *L.*, Rosmarinus *L.*, Sclaraea *Tourn.*, Horminum *Tourn.* 180.

Rosmarinus hat Asthaare, welche auf jeder Seite eine Anzahl sehr kurzer weisser Aeste absenden und alle Theile der Pflanze

bedecken. Zwischen diesen Haaren stehen röthliche oder goldgelbe kugelige Köpfchenhaare. Salvia hat einfache, mehrzellige conische Haare, gemischt mit becherförmigen Köpfchenhaaren, welche grünlich, milchweiss oder gelb gefärbt sind und besonders die Theile bedecken, welche die Blüthen tragen. Sclaraea und Horminum haben beide conische mehrzellige Haare und becherförmige oder kugelige Köpfchenhaare, die indess bei Sclarea häufiger sind. Nur wenige secerniren.

Valeriana *Neck.*, Boerhavia *L.* 186.

Sie sollten nach Guettard vereint werden. Sie haben einfache conische, seltener Büschelhaare, welche bei Valeriana nur am Blattrande, bei Boerhavia auf der ganzen Blattfläche stehen. Valerianella hat die gleichen Haare, nur sind sie grösser und robuster.

Cyperus *L*, Scirpus *L.*, Linagrostis *Lam.* 187.

Cyperus hat am Stiele sehr kurze Haare, die allen Scirpus-Arten fehlen. Linagrostis ist glatt.

Festuca *L.*, Bromus *L.* 188.

Beide, wenn sie nicht glatt sind, haben cylindrische Haare und zwar zumeist Bromus, da Festuca in der Regel ganz glatt ist.

Galium *L*, Aparinc *Tourn.* 189.

Aparine hat Rippen, Stengel und Blattrand besetzt mit kurzen, steifen, hakenförmig gebogenen Haaren. Samen rauhhaarig. Galium besitzt wohl ähnliche Haare, doch sind sie viel weicher und biegsam und meist nur am Blattrande stehend. Samen glatt.

Asperula *L.*, Rubeola *Mönch.*, Sherardia *Dill.*, Spermacoce *L.* 191.

Spermacoce hat sehr kurze Haare am Blattrande, die anderen linsenförmige Drüsen und conische Haare.

· Alchemilla *L.*, Aphanes *L.* 194.

Alchemilla hat nur cylindrische Haare, Aphanes desgleichen, aber zwischen ihnen secernirende Büschelhaare.

Scleranthus *Tourn.*, Thesium *L.* 195.

Kurze Haare am Blattrande und Stengel.

Lonicera *Plum.*, Caprifolium *Tourn.*, Diervilla *Tourn.*, Peryclymenum *Schreb.*, Chamaecerasus *Tourn.*, Xylosteum *Tourn.*, Symphoricarpus *Dill.*, Triosteospermum *L.* 195.

Die Mehrzahl hat purpurfarbene Köpfchenhaare und einfache

conische Haare; Caprifolium und Xylosteum abfallende becherförmige Köpfchenhaare, desgleichen Triosteospermum, gemischt mit einfachen conischen Haaren; Diervilla und Symphoricarpus haben conische Haare und innere Drüsen, Peryclymenum die letzteren ebenfalls. Guettard meint, man solle alle diese Genera vereinen.

Capsicum *Tourn.* 198.

Conische mehrzellige Haare.

Convolvulus *L.*, Quamoclit *Tourn.* 198.

Beide glatt oder mit conischen, mehrzelligen Haaren besetzt. Mehrere haben auch innere Drüsen.

Hedera *L*, Vitis *L.* 203.

Hedera trägt Büschelhaare, Vitis einfache conische Haare, welche secerniren.

Cameraria *Plum.*, Tabernaemontana *L.*, Plumeria *L.*, Pervinca *Tourn.*, Nerium *Gärtn.* 207.

Nur Nerium hat einfache conische Haare und innere Drüsen, die anderen sind glatt.

Sanicula *Tourn.*, Astrantia *Tourn.* 209.

Die Samen der ersteren haben krückenförmig gebogene lange Haare, die der letzteren nur Warzen ohne Haare.

Opulus *Tourn.*, Tinus *L.*, Viburnum *L.* 210.

Opulus besitzt nur conische Haare, Viburnum an Stielen und Blattnerven zusammengesetzte Haare wie Verbascum und Büschelhaare, welche letztere auch Tinus besitzt. Nebstdem haben beide napfförmige Köpfchenhaare.

Cassine *L.*, Maurocenia *M. D.* 212.

Beide haben entweder nur Warzen ohne Haare oder sind ganz glatt.

Rhus *L.*, Toxicodendron *Tourn.*, Cotinus *Tourn.* 212.

Alle drei haben conische Haare, diese sind gemischt mit purpurfarbenen, becherförmigen Köpfchenhaaren bei Rhus, mit keulenförmigen Haaren bei Toxicodendron und mit kleinen, weissen Körperchen bei Cotinus. Die Haare sind sehr zahlreich bei Rhus, spärlich bei Toxicodendron und noch spärlicher bei Cotinus. Guettard meint übrigens, man könnte die beiden ersten doch vereinen, da man die keulenförmigen Haare ganz wohl als Köpfchenhaare auffassen kann.

Aloë *Tourn.*, Yucca *L.* 214.

Viele haben eigenthümliche Tuberkeln, welche zu secerniren scheinen und daher Drüsen sein dürften.

Allium *L*, Cepa *Tourn.*, Porrum *Tourn.* 218.

Ein einziges Allium hat lange, cylindrische, weisse Haare, alle anderen Pflanzen dieser drei Geschlechter sind entweder ganz glatt oder nur mit haarlosen Zellhügeln bedeckt.

Bistorta *Tourn.*, Polygonum *L.*, Fagopyrum *Tourn.*, Persicaria *Tourn.* 219.

Linné vereint sie, Guettard möchte Persicaria davon trennen, da sie echte conische Haare und innere Drüsen haben.

Cassia *L.*, Senna *Tourn.*, Parkinsonia *Plum.* 223.

Alle haben grössere oder geringere Mengen von cylindrischen und conischen Haaren, Parkinsonia deren am wenigsten; viele Cassia-Arten zeigen überdies gelbe Haare und gelbe Köpfchenhaare.

Heuchera *L.* 226.

Conische, krystallhelle Haare und purpurfarbene, becherförmige Köpfchenhaare.

Banisteria *L.*, Triopterys *L.*, Acer *Mönch.* 227.

Triopterys und Acer haben kurze, conische, fast weberschützenförmige, oft gelbliche Haare, welche bei Triopterys abfallen und dann die Theile, auf denen sie standen, mit weissen Punkten wie übersät erscheinen lassen.

Agrostemma *L*, Lychnis *Tourn.*, Cucubalus *Tourn.*, Silene *L.* 229.

Fast alle haben am Griffel weisse wurmförmige Haare, und an Blättern und Stengeln mehrzellige conische Haare, nur Silene hat nebst ihnen noch becherförmige Köpfchenhaare.

VII. Abhandlung. 1750. S. 345 ff.

Mespilus *Lindl.*, Crataegus *L.*, Sorbus *Tourn.* 345.

Alle haben einfache cylindrische Haare und am Blattrande napfförmige Köpfchenhaare, sie unterscheiden sich nur durch die Zahl derselben, welche bei Crataegus am grössten, sowie die Farbe, welche bei Sorbus gelb, bei den übrigen mattweiss ist.

Spiraea *L.*, Filipendula *Tourn.*, Barba caprae *Tourn.* 346. (Vgl. I. Abh. p. 547.)

Alle haben conische Haare, nur Spiraea büschelförmige.

Prunus *L.*, Cerasus *Juss.* 347.

Cerasus hat cylindrische Haare und 3—4 runde oder abgeplattete becherförmige Köpfchenhaare an der Basis des Blattes, während Prunus deren je Eines auf jeder Seite der Blattbasis zeigt.

Potentilla *L.*, Quinquefolium *Tourn.*, Tormentilla *L.* 348.

Alle haben zahlreiche cylindrische Haare und ihre Blattzähne bilden becherförmige Köpfchenhaare; Quinquefolium hat ausser ihnen noch goldgelbe innere Drüsen, Potentilla zumeist an den Kelchen und Blüthenstielen mehr oder weniger tief purpurfarbene becherförmige Köpfchenhaare.

Tithymalus *Juss.*, Dalechampsia *Plum.* 350. (Vergl. III. Abh. p. 456.)

Beide haben lange steife Haare und napfförmige Köpfchenhaare.

Papaver *Tourn.*, Argemone *Tourn.*, Bocconia *Plum.*, Chelidonium *Tourn.*, Glaucium *Tourn.* 350.

Papaver hat Asthaare an den Kelchen und den Nerven der Blattunterseite, welche den anderen Gattungen fehlen; Argemone, Bocconia und Chelidonium besitzen einfache conische Haare, welche ihrer ganzen Länge nach von grossen Knoten durchsetzt werden und perlmutterfarbig sind, bei Chelidonium und Glaucium sind diese Knoten sehr dünn und die Haare ausserordentlich lang.

Capparis *L.*, Bryonia *L.* 352.

Erstere haben sehr spärliche conische Haare, letztere unvollkommene, silberglänzende Büschelhaare an allen ihren Theilen.

Triumphetta *Plum.*, Heliocarpos *L.* 353.

Beide haben Büschelhaare, Triumphetta an den Samen conische gabelförmig gebogene, Heliocarpus becherförmige Köpfchenhaare, welche einen Saft secerniren.

Ranunculus *Haller*, Myosurus *Dillen.* 354.

Die Haare beider sind rauh; Myosurus hat lange, verfilzte, krystallhelle Haare. Adonis am Kelche und den Blattrippen keulenförmige Haare.

Marrubium *L.*, Ballota *L.*, Molucca *Tourn.* 359.

Ballota und Molucca haben einfache conische Haare, letztere nebstdem noch kleine Köpfchenhaare; Marrubium hat Büschelhaare, in deren Mitte sich ein langes Haar erhebt.

Sanguisorba *L.*, Poterium *L.* 362.

Poterium hat Köpfchenhaare und mehrzellige, oft purpurfarbene Haare; Sanguisorba keulenförmige und mehrzellige conische Haare.

Ulmus *L.*, Bosea *L.*, Celtis *Tourn.* 363.

Ulmus und Celtis haben conische Haare und innere Drüsen, Bosea ist glatt. Die Haare von Ulmus sind grünlich, kurz und steif und stehen auf grossen Zellhügeln.

Tribulus *Tourn.*, Fagonia *Tourn.* 364.

Beide haben einfache conische Haare, die bei Fagonia zwischen becherförmigen Köpfchenhaaren stehen, welche einen wasserhellen Saft secerniren.

Astragalus *DC.*, Tragacantha *Wallr.*, Biserula *L.* 365.

Alle Astragalus-Arten, welche weberschützenförmige Haare haben, will Guettard zu Indigofera ziehen. Im Allgemeinen giebt es Astragali, deren eine weberschützenförmige, andere spatelförmige und andere cylindrische Haare besitzen. Tragacantha zeigt stets weisse oder braune weberschützenförmige Haare; Biserula nur einfache cylindrische Haare.

Alsine *Tourn.*, Myosotis *L.*, Cerastium *L.* 368.

Alsine zeigt mehrzellige conische Haare, zwischen denen becherförmige Köpfchenhaare stehen; Myosotis ebenfalls mehrzellige conische Haare, an den Kelchen oft gemischt mit Büschelhaaren. Ihre Haare verästeln sich wohl auch, jedoch nur sehr selten.

Anonis *Tourn.*, Crotalaria *L.* 371.

Alle Anonis haben zahlreiche, eine klebrige Flüssigkeit secernirende Köpfchenhaare und cylindrische einfache Haare; den Crotalarien fehlen die Köpfchenhaare gänzlich; sie haben nur innere Drüsen und kurze weisse, manchmal weberschützenförmige Haare.

Ophrys *L.*, Neottia *L.*, Herminium *R. Br*, Helleborine *Pers.* 374.

Nur Neottia zeigt keine Köpfchenhaare an den Blüthentheilen, alle anderen haben sie.

[illegible]

[illegible] weisse

[illegible] weisse Haare.

[illegible] Scorpioides

[illegible] Haare.

[illegible] weisse Haare, gemischt mit längeren.

[illegible] Köpfchenhaare und kurze

[illegible]

[illegible] An den Blattnerven kurze conische

[illegible] Köpfchenhaare.

[illegible] L. und Populus *Tourn.* Weisse

·ern Büschelhaare von 5—6 Haaren,
·rheben, wie bei
·en etc. stehen einfache, co-

·are.
.haare, gemischt mit

·h-braune Haare.
··eisse und becherförmige Köpf-

·delt von Köpfchenhaaren; die La-
.ich nach der Farbe und Grösse dieser

. (Bondura *Burm.*) 373.
·gelförmige Köpfchenhaare.
·phalum *L.* 376.
·und Blüthenstielen kleine, purpurfarbene, becherartige
·are, gemischt mit sehr zahlreichen kurzen, mehrzelligen
.. Haaren.

Cassida *Tourn.* 377.

Sehr spärliche, kugel- und becherförmige Köpfchenhaare, gemischt mit mehrzelligen kurzen, weissen, conischen Haaren, deren Spitze meist herabgebogen ist. Die Köpfchenhaare sind bläulich oder perlmuttern gefärbt und secerniren nur bei wenigen Arten.

Brunella *Mönch.* 378.

An der Blattunterseite grünliche, kugelförmige Köpfchenhaare zwischen gewöhnlichen conischen Haaren.

Stachys *L.* 378.

Alle Theile sind sehr stark behaart und zwar meist mit kugeligen, roth, weiss oder schwefelgelb gefärbten Köpfchenhaaren besetzt. Zwei Arten haben auch ästige Haare von gelber Farbe, welche 6—7 Seitenäste zeigen.

Gaidarothymum *Vaill.* 379.

Weisse einfache cylindrische Haare und wasserhelle, kugelige Köpfchenhaare.

Cardiaca *L.* 380.

Ausserordentlich zahlreiche, wasserhelle Köpfchenhaare, insbesondere an der Blattunterseite.

Ligustrum *Tourn.*, Jasminum *Tourn.* 376.

Beide haben kurze kleine conische Haare.

Kleinia *L.*, Porophyllum *Vaill.* 377.

Letztere haben innere Drüsen, erstere sind glatt.

Cedrus *Tourn.*, Sabina *L.*, Pinus *L.*, Cupressus *Tourn.*, Thuja *Brogn.* 378.

Sämmtlich ohne Haare.

Nigella *Tourn.*, Garidella *Tourn.* 381.

Beide haben conische, an den Blüthentheilen aber keulenförmige Haare.

Hippocastanum *Tourn.*, Pavia *Boerh.* 382.

Beide haben weisse, oft sich verfilzende Haare und becherförmige Köpfchenhaare.

VIII. Abhandlung. 1751. S. 334 ff.

In dieser Abhandlung beschreibt Guettard (p. 343—370) die inneren Drüsen bei einer grossen Anzahl von Pflanzengattungen und geht dann (p. 373—394) auf die Köpfchenhaare über. In der ersten Abtheilung finden sich über beobachtete Haarformen folgende Notizen:

Aurantium. Cylindrische Haare.

Lysimachia *Mönch.* Conische Haare mit purpurfarbenen Zwischenwänden.

Ficus *Tourn.* Conische, sehr spitz endende Haare.

Glycyrrhiza *Tourn.* Cylindrische, röthliche oder weisse Haare, selten weberschützenartige.

Clymenum *Tourn.* Cylindrische, weisse Haare.

Lathyrus *L.*, Ornithopodium *Tourn.*, Scorpioides *Tourn.* Zahlreiche cylindrische Haare.

Bonduc *Plum.* Kurze weisse Haare, gemischt mit längeren.

Fraxinella *Tourn.* Becherförmige Köpfchenhaare und kurze weisse, conische Haare.

Terebinthus *Juss.* An den Blattnerven kurze conische Haare.

Fraxinus *Tourn.* Napfförmige Köpfchenhaare.

Alnus *Tourn.*, Betula *L.* und Populus *Tourn.* Weisse cylindrische Haare.

Platanus *L.* An Blättern Büschelhaare von 5—6 Haaren, die sich oft in mehreren Kreisen erheben, wie bei

Verbascum *L.* An jungen Zweigen etc. stehen einfache, conische Haare.

Gale *Tourn.* Einfache weisse Cylinderhaare.

Carpinus *L.* Lange einfache Cylinderhaare, gemischt mit sehr kleinen und kurzen.

Phyllirea *Tourn.* Kurze, grünlich-braune Haare.

Syringa *L.* Kurze, conische, weisse und becherförmige Köpfchenhaare.

Die zweite Abtheilung handelt von Köpfchenhaaren; die Labiaten theilt Guettard lediglich nach der Farbe und Grösse dieser Gebilde ein.

Nepenthes *L.* (Bondura *Burm.*) 373.

Beide haben kugelförmige Köpfchenhaare.

Dracocephalum *L.* 376.

An Kelch und Blüthenstielen kleine, purpurfarbene, becherartige Köpfchenhaare, gemischt mit sehr zahlreichen kurzen, mehrzelligen conischen Haaren.

Cassida *Tourn.* 377.

Sehr spärliche, kugel- und becherförmige Köpfchenhaare, gemischt mit mehrzelligen kurzen, weissen, conischen Haaren, deren Spitze meist herabgebogen ist. Die Köpfchenhaare sind bläulich oder perlmuttern gefärbt und secerniren nur bei wenigen Arten.

Brunella *Mönch.* 378.

An der Blattunterseite grünliche, kugelförmige Köpfchenhaare zwischen gewöhnlichen conischen Haaren.

Stachys *L.* 378.

Alle Theile sind sehr stark behaart und zwar meist mit kugeligen, roth, weiss oder schwefelgelb gefärbten Köpfchenhaaren besetzt. Zwei Arten haben auch ästige Haare von gelber Farbe, welche 6—7 Seitenäste zeigen.

Gaidarothymum *Vaill.* 379.

Weisse einfache cylindrische Haare und wasserhelle, kugelige Köpfchenhaare.

Cardiaca *L.* 380.

Ausserordentlich zahlreiche, wasserhelle Köpfchenhaare, insbesondere an der Blattunterseite.

Leonurus *L.* 380.

Milchweisse, kugelige Köpfchenhaare. Die gewöhnlichen conischen Haare an Blättern und Stengeln weiss, an der Blüthe hochgelb und beträchtlich länger.

Monarda *L.* 381.

Weisse conische und goldgelbe runde Köpfchenhaare.

Mentha *L.* 381.

Mehrzellige conische Haare, welche sich bei einigen Arten verästeln, und schwefelgelbe, grüngelbe oder schwärzliche kugelige Köpfchenhaare.

Marrubiastrum *L.* 381.

Conische Haare von verschiedener Grösse und sehr kleine wasserhelle, ungefärbte kugelige Köpfchenhaare.

Lycopus *L.* 383.

Conische mehrzellige Haare und zahlreiche farblose, kugelige Köpfchenhaare.

Sideritis *L.* 383.

Mehrzellige, conische Haare und schwefelgelbe, selten wasserhelle, kugelige Köpfchenhaare. Bei einigen Arten sind letztere becherförmig gestaltet.

Tetrahit *Mönch.* 384.

Einfache conische Haare und wenig auffallende, sehr kleine, wasserhelle, kugelige Köpfchenhaare.

Horminoides *Vaill.* 384.

Neben conischen Haaren und schwefelgelben Köpfchenhaaren an Kelch und Blattunterseite mit becherförmigen Köpfchenhaaren besetzt. Eine Art trägt auch Büschelhaare.

Melissa *L.* 385.

Farblose, kugelige Köpfchenhaare an den Blättern, dazwischen dünne conische, secernirende Haare.

Calamintha *Mönch.* 385.

Mehrzellige, conische Haare und schwefelgelbe, auch farblose oder schwärzlich und röthlich gefärbte Köpfchenhaare. Bei wenigen Arten ist das Köpfchen becherförmig.

Betonica *L.* 386.

Conische, m[illegible] und meist grünliche, selten weisse oder gelbe kuge[illegible]re.

Ocimum *L.* 387.

Gelbe, secernirende, kugelige Köpfchenhaare. Das Secret ist farblos.

Die Scrophularineen, zu denen Guettard nun übergeht, unterscheiden sich von den Labiaten durch die Bechergestalt der Köpfchen ihrer Haare, gegenüber den kugeligen der ersteren. Indess kommen kugelige Köpfchenhaare auch bei Scrophularineen vor und von diesen ist in der Arbeit nur die Rede.

Bignonia *Juss.* 387.

Spärliche conische Haare und zahllose, oft röthliche, kugelige Köpfchenhaare an den Blättern.

Scrophularia *Tourn.* 388.

Die Mehrzahl hat mehrzellige, conische, weisse Haare von verschiedener Länge, die manchmal in der Mitte gebrochen erscheinen; alle besitzen insbesondere an den Blüthen und den Blüthenstielen runde Köpfchenhaare, deren Köpfchen purpurn oder violett gefärbt, auch wohl farblos ist. Nebstdem finden sich an den Blättern bei allen grünliche Köpfchenhaare, welche einen Saft ausschwitzen, der bei manchen Arten beim Erhärten weiss wird.

Acanthus *Tourn.* 389.

Mehrzellige, conische Haare und an den Blättern secernirende kugelige Köpfchenhaare.

Chelone *L.* 390.

Conische, weisse, mehrzellige Haare und spärliche, grünliche, kugelige Köpfchenhaare.

Valdia *Plum.* 390.

Grünliche, mehrzellige, conische Haare und an der Blattunterseite grünliche Köpfchenhaare.

Capraria *L.* 390.

Conische, mehrzellige Haare und wasserhelle, abgeplattete Köpfchenhaare.

Plantaginella *Vaill.* 390.

Ausser farblosen kugeligen Köpfchenhaaren auf beiden Blattflächen keine weiteren Haargebilde.

Cornutia *Plum.* 390.

Zahllose kurze, weisse Haare und ebenso zahlreiche schwefelbis goldgelbe, kugelige Köpfchenhaare.

Halleria *L*, Bontia *Plum.* 390.

Letztere an den Blättern indianerrothe Köpfchenhaare, erstere goldgelbe.

Agnus Castus *Tourn.* 390.

Zur Zeit des Blätterfalles sind die Köpfchenhaare schwefelgelb, an jungen Theilen hingegen schwarz. Nebstdem kommen noch zahlreiche kurze Haare vor.

Gnaphalodes *Tourn.* 391.

Weisse, secernirende Filzhaare.

Xanthium *Tourn.* 391.

Einfache conische Haare und rothe oder weinfarbene Köpfchenhaare.

Ambrosia *Tourn.* 392.

Zahlreiche weiche, cylindrische Haare und gelbe kugelige Köpfchenhaare.

Conyza *Less.* 391.

Viele Arten haben lediglich einfache Haare, andere goldgelbe kugelige und wieder andere becherförmige Köpfchenhaare. Letztere secerniren eine zähe, durchsichtige Substanz.

Eupatorium *Tourn.* 394.

Goldgelbe, weingelbe oder schwarz gefärbte kugelige Köpfchenhaare.

IX. Abhandlung. 1756. S. 307 ff. (Des glandes à godet etc.)

Malus *Tourn.*, Pyrus *L.* 310.

Die Napfdrüsen sind länglich, an den Stengeln und Blattstielen sitzend. Jung sind sie oft von einem farblosen Safttropfen eingehüllt.

Cydonia *Tourn.* 311.

Die Frucht hat zahlreiche, lange, weisse, oft auch gelbe Haare, welche auch die anderen Theile bedecken.

Persica *Tourn.*, Amygdalus *L.* 312.

Erstere haben platte, grosse, grünliche Napfdrüsen und spärliche, cylindrische Haare, ihre Frucht bedeckt mit kurzen, feinen, abfälligen Haaren. Bei letzteren sind sie noch zahlreicher, nebstdem besitzen sie purpurfarbene Napfdrüsen.

Punica *Tourn.*, Laurocerasus *Tourn.*, Lycium *L.* 313.

Erstere haben innere Drüsen, letztere Napfdrüsen an der Blattunterseite; Laurocerasus trägt 1—3 sehr grosse purpurfarbene oder grüne Napfdrüsen an der Unterseite der Blätter.

Haematoxylon *L.*, Papaya *Tourn.*, Hura *L.*, Menispermum *Tourn.* 314.

Ersteres an der Blattunterseite kurze Haare, am Blattstiele Napfdrüsen, Papaya nur secernirende Tuberkeln, Hura farblose Napfdrüsen, Menispermum entweder lange, weisse, cylindrische Haare oder Napfdrüsen an den Stielen.

Corallodendron *Tourn.* 314, Niruri *Ach.* 315.

Erstere mit einer einzigen Ausnahme glatt, letztere desgleichen oder kurze weisse Haare tragend.

Portulaca *Tourn.* 316.

Viele besitzen mehr oder weniger lange, verfilzte Haare.

Chrysosplenium *Tourn.*, Lupuloides *Vaill.* 316.

Letztere haben weisse Napfdrüsen, erstere desgleichen und grosse, lange, weisse oder purpurfarbene Haare an Blättern und Stengeln.

Evonymus *Tourn.*, Evonymoides *Soland.*, Xanthoxylon *L.* 317.

Bei ersteren sind die Blattzähne durch grüne Drüsen geschlossen, die beiden anderen sind glatt.

Clutia *Boerh.*, Anapodophyllon *Tourn.* 318.

Erstere tragen kurze, glatte, weisse Haare, letztere conische Haare und ganz kurze, gelbe, secernirende Napfdrüsen.

Des filets à mamelon globulaire. p. 318 ff.

Diese Haarform fand er nur bei Cucurbitaceen, ihr Fussgestell ist rund (Bryonia), länglich (Cucurbita, Pepo), plattgedrückt (Melopepo) oder ausserordentlich klein (Luffa); seine Farbe grün (Bryonia), gelb (Pepo), schwarzbraun (Cucurbita). Die Haare dieser Familie sind conische steife Gliederhaare, die oft secerniren (Bryonia, Pepo, Cucumis, Melo, Melopepo), oder weiche, biegsame (Momordica, Anguria, Cucurbita etc.).

Des filets cylindriques (Gliederhaare). 320.

Guettard fand und beschreibt sie bei Moosen (Mnium, Sphagnum, Hypnum, Bryum) und Lycopodiaceen (Lycopodium), bei Gra-

mineen (Lolium, Panicum, Oryza, Milium, Arundo, Poa, Avena etc.) und Papilionaceen (Lupinus, Galega, Genista etc.)

Schützenförmige Haare giebt er noch bei Spartium, Aspalanthus, Colutea und Anagyris an.

Von Ranunculaceen giebt er für Parnassia, Aconitum, Thalictrum und Clematis cylindrische Haare an, bei Aquilegia erwähnt er, dass sie nach unten angeschwollen sind und oben meistens einen Safttropfen tragen, und dass sie bei Delphinium in der Blüthe gelb vorkommen.

Des filets coniques (Conische Haare). 346.

Die Cruciferen (Cardamine, Dentaria, Nasturtium, Iberis, Sinapis, Eruca, Isatis, Erysimum etc.) haben sie fast durchgehends, bei Cochlearia und Draba führt er noch Sternhaare an, bei ersteren mit 2, bei letzteren mit 2—3 Aesten.

X. Abhandlung. 1759. S. 121 ff.

Guettard sucht zu erweisen, dass in den Haaren ein Hauptcharakter des Pflanzenreiches liege, und recapitulirt dabei viele Daten seiner früheren Memoiren, neu sind:

Morus *Tourn.* 130.

Innere Drüsen und einfache conische Haare.

Malpighia *L.* 139.

Brennhaare und weberschützenförmige.

Hermannia *L.* 141.

Secernirende Büschelhaare.

Juglans *L.* 142.

Büschelhaare aus 4—5 und mehr längeren oder kürzeren, bald abfallenden Haaren gebildet. Nebstdem goldgelbe Köpfchenhaare.

Mit grosser Consequenz hält Guettard auch in dieser Arbeit an seinem Grundsatze fest, dass alle Species desselben Geschlechts die gleichen oder wenigstens ähnliche Haarformen haben.

Ein Referat über die Arbeit ist in die Histoire de l'académie, 1759, p. 107 ff. aufgenommen.

Ich muss erwähnen, dass in der gesammten Literatur nur die erste der Guettard'schen Abhandlungen genannt wird, nämlich die von 1745, dass nur Schrank in seiner Einleitung der anderen Abhandlungen bis 1751 gedenkt, ohne ihres Inhaltes zu erwähnen

und dass sich von den ausgedehnten Untersuchungen Guettard's nach 1751, die ich hier gegeben, nirgends auch die leiseste Andeutung findet, wie denn überhaupt die Memoiren der Pariser Academie in ihren älteren Serien, so werthvolle Daten sie enthalten, in Deutschland von den Botanikern so gut wie unbenutzt geblieben sind, was freilich seinen Grund mit in der grossen Kostspieligkeit derselben haben mag. Eine kurze Angabe der botanischen Arbeiten in denselben wäre sicher eine ganz dankenswerthe Unternehmung.

Wie man sieht, hat Guettard für die einzelnen Pflanzengattungen immer die gleichen Haare angegeben. Genauere Beobachtungen lehren indess, dass die einzelnen Arten innerhalb einer und derselben Gattung fast immer die grössten Differenzen zeigen, und dass es nur wenige Gattungen giebt, welche sich durch das constante Vorkommen gewisser charakteristischer Haarformen auszeichnen. In diesem Falle können die Haare allein schon zur Erkennung derselben oft hinreichend sein (Nicandra, Cistus, Verbascum, Marrubium, Pentstemon, Hieracium etc.), in den meisten Fällen hingegen wird die Haarform für sich nur wenige Aufschlüsse geben. Erwähnung verdient noch, dass Guettard*) es war, welcher zum zweiten Male die Sternhaare in den Luftlücken der Nymphaeen entdeckte.

Schilling**) hat die Pflanzenhaare für die absorbirenden Gefässe angesehen, welche eine Anziehungskraft gegen den Saft besitzen und dieselbe auch ausüben. Da nämlich, sagt derselbe, Capillargefässe durch ihre Attractionskraft Wasser emporheben, die Haare aber nichts weiter als capillare Röhren sind, ist es zweifellos, dass man auch ihnen eine Attractionskraft zuschreiben muss, durch welche sie Flüssigkeiten in sich hineinziehen.

Duhamel***) machte an einer Martynia die Beobachtung, dass an den Endspitzen der die Blätter, Blüthen und Früchte bekleidenden sehr feinen Haare einige Tropfen eines durchsichtigen, riechenden und schmierigen Saftes hingen, der nicht aus der Pflanze sel-

*) Guettard, Observations sur les plantes. 1747. II. p. 184.

**) Schilling, J. J., Physiologiae seu physices plantarum specimen. II. Duisburgi 1752. p. 28 sq.

***) Duhamel, du M., Physique des arbres. 1758. Vol. I. p. 183—187.

ber ausschwitzt, und hält es daher für ausgemacht, dass durch die Pflanzenhaare eigenthümliche Flüssigkeiten ausgeschieden werden.

Linné*) ist der Meinung, dass die Haare die Pflanzen mehr gegen die Wärme als gegen die Kälte schützen und sucht durch Beispiele zu erweisen, dass durch sie eine übergrosse Hitze und auch der schädliche Einfluss des Windes gemildert werde.

Jurine**) hält die von Guettard entdeckten Haare in den Luftlücken der Nymphaeen für Krystalle und bildet dieselben sehr unvollkommen ab.

Baster***) glaubt, dass aus den von den Köpfchen- oder Drüsenhaaren abgesonderten Substanzen die Bienen jenes unvollkommene Wachs verfertigen, womit sie die überflüssigen Oeffnungen an ihrem Körper verkleben. (!)

Ledermüller's †) Notizen über Pflanzenhaare sind kaum erwähnenswerth. Er bildet Pappus und Stengelhaare einer Distel und die Köpfchenhaare der Distel sehr unvollkommen ab. Die letzteren beschreibt er als spitze Kegel, welche oben eine rubinrothe Glaskugel tragen, und glaubt, dass in dieser der rothe Nahrungssaft zur Bildung der Dornen enthalten ist.

Humboldt ††) sucht den Reichthum der Haare an Alpenpflanzen von dem Reize einer stärkeren Elektricität und von dem Reize der durch die dünnen Luftschichten minder geschwächten und also helleren Sonnenstrahlen herzuleiten, wodurch nämlich die Ausscheidungen wie die Secretionsorgane (Haare) vermehrt, die Säfte verdickt und eben die Wirkungen hervorgebracht werden, welche im heissen Klima eine grosse Masse von Wärmestoff bei stärkerem Drucke der Atmosphäre kaum hervorzubringen vermag.

Mit Schrank's †††) Arbeiten tritt die Lehre von den Haaren

---

*) Linné, Fundamenta botanica p. 314.

**) Jurine, Journ. de Physique. Tom. 55. p. 187—188. Tab. VIII. Fig. 3.

***) Baster, J., Verhandl. van de Holland. Maatsch. der Wetensch. te Haarlem. 1762. Deel XIV.

†) Ledermüller, M. F., Mikroskopische Gemüths- und Augenergötzung. Nürnberg 1763. Taf. 80, 90 und 91.

††) Humboldt, A. v., Ueber die gereizte Muskel- und Nervenfaser. Bd. II. S. 145.

†††) Schrank, F. v. P., Von den Nebengefässen der Pflanzen und ihrem Nutzen. 3 Abhandlungen. 1789—1792. Halle 1794. Mit 3 Tafeln.

in ein neues Stadium, über welches sie sich erst durch die Arbeiten der letzten Jahrzehnte erhob. Schrank hat die Beobachtungen von Guettard auf das Beste benutzt und ihnen eine Reihe neuer Thatsachen zugefügt.

Schrank begreift Haare, Borsten, Filz, Wolle, Drüsen etc. unter dem Namen Nebengefässe. Nach ihm sind Haare sehr dünne, sich meist allmählig spitzende oder auch walzenförmige Röhren, die auf der Oberfläche verschiedener Pflanzentheile aufsitzen, bald weich, bald hart oder elastisch, bald durchscheinig, bald undurchscheinig, bald farblos, bald gefärbt sind, bald aus einem einzigen Stücke, bald aus mehreren bestehen. Die ganz irrige Annahme Guettard's, dass alle Pflanzenhaare ein eigenes Fussgestelle hätten, giebt Schrank wenigstens nicht für alle Fälle zu, obgleich andererseits seine Figuren, mit wenigen Ausnahmen, geradezu nur Copien der Guettard'schen sind. Drüsen und Glandeln sind nach Schrank kleine Körper, die eine linsenförmige, kugelförmige, eiförmige, schüsselförmige oder sonst eine ähnliche Gestalt haben, bald in der Substanz verschiedener Pflanzentheile verborgen sind, bald auf der Oberhaut derselben aufsitzen, dann auch öfter gestielt sind. Sie haben die Bestimmung, gewisse eigenthümliche Säfte abzusondern. Beide, Haare und Drüsen, bringt nun Schrank mit Benutzung der Guettard'schen Angaben in ein recht übersichtliches Schema, das vor den Guettard'schen Eintheilungen den Vortheil hat, dass Schrank eine kurze bündige Beschreibung seiner, den Guettard'schen an Unvollkommenheit nicht nachstehenden Figuren beifügte. Des Verständnisses wegen sind die Bezeichnungen des Letzteren in Klammern beigefügt worden. Schrank's Eintheilung ist folgende:

I. Haare.*)

A. Einfache.

1) Pfriemenborsten (Poils en aiguille droite). Kegelförmige gerade, wenig steife Haare (Sonchus oleraceus, Rhododendron hir-

*) Ich füge auch hier meine Abbildungen zur Erläuterung an, obwohl eben sie Schrank's Eintheilungsgründe von vornherein widerlegen müssten, wollte ich sie nach seinen mitgetheilten Pflanzen wählen. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass bei Schrank Borsten und Haare gleichen Begriffen entsprechen.

sutum [Blätter], Daucus carota und Visnaga, Athamanta Libanotis [Samen]). Zu ihnen gehören auch Guettard's poils en poinçon (Haarnadelborsten), nur unterschieden dadurch, dass der Hügel, aus dem sie hervorgehen, aus mehreren kleinen besteht (Borrago- und Echium-Arten). Schrank glaubt übrigens, dass das Hügelchen nur scheinbar mehrzellig ist, und nur durch seine Unebenheiten (!) so erscheint (Taf. XXVIII. Fig. 248).

2) Ahlborsten (P. en alêne *Guett.*). Sie haben am Grunde einen länglichen, dicklichen Körper, der sich in ein krystallhelles, kegel- oder pfriemenförmiges Haar endet (Urtica-Arten). (Taf. XXV. Fig. 165).

3) Bollenborsten (P. à noeuds *Guett.*). Wie die vorhergehenden, nur dass das Fussgestell nicht walzen-, sondern eiförmig ist (rothe Kornblume an Blättern und Stengeln). Es ist hier zu bemerken, dass diese Haarform keineswegs den von Guettard bei Chelidonium, Glaucium etc. angegebenen Fil. à noeuds entspricht.

4) Sichelhaare (P. coniques *Guett.*). Kegelförmige, mehr oder weniger gekrümmte Haare (Scabiosa arvensis, Columbaria, stellata, succisa, sylvatica, Salvia officinalis, Phlomis nepetifolia, Campanula-Arten [Blumenblatt]). (Tf. XXII. F. 87, Tf. XXVI. F. 177.)

5) Sichelborsten (P. en corne de boeuf). Wie die vorhergehenden, nur steifer (Gramineen, Syngenesisten).

6) Walzenhaare (P. cylindriques *Guett.*). Walzenförmig, am Ende gerundet, meist krystallhell und ziemlich kurz. Die meisten Stengelarten sind damit besetzt (Silene noctiflora). (Taf. XXX. Fig. 331.)

7) Federhaare (P. en fil). Sind von den vorigen „kaum der Mühe werth zu unterscheiden“. Sie sind ziemlich lang und fast durchaus gleich dick (Rosa [Stamm], Lonicera symphoricarpos [Griffel], Scabiosa atropurpurea [Samen]). (Taf. XXIII. Fig. 114.) Guettard's keulenförmige Haare (en larme batavique) gehören Schrank's Abbildung nach hierher und nicht unter seine Drüsen.

8) Kräuselhaare (P. frisés). Sehr lange, dünne, eingerollte oder geschlängelte Haare (Vitis vinifera [Blätter], Centaurea sonchifolia, Tarchonanthus camphoratus, Saxifraga Hirculus). Wenn Schrank glaubt, Guettard habe sie übersehen, so irrt er (Mém. 1749, p. 400). (Taf. XXIII. Fig. 101. 120.)

9) Knotenborsten (P. en corde de St. François). Lange, feine, mit Knoten in verschiedenen Entfernungen unterbrochene Haare (nur an den Kelchen von Achyranthes lappacea gefunden). Es sind dies nichts weiter als Haare, bei denen, wie bei Lamium album (Taf. XXII. Fig. 71), die Verbindungsstelle von je zwei Zellen aufgetrieben ist; sie gehören gar nicht zu den einfachen Haaren von Schrank.

10) Hakenborsten (P. en aiguille courbe *Guett.*). Steife, mehr oder weniger durchscheinende, kegelförmig zulaufende Haare mit hakenförmig gebogener Spitze (Galium-Arten, Forskalea tenacissima und angustifolia). (Taf. XXVI. Fig. 175.)

11) Gliederhaare (P. articulés *Guett.*) Kegelförmige, krystallhelle, deutlich abgegliederte Haare, so dass immer das folgende Glied schmächtiger als das vorhergehende ist. Zweigliedrig sind sie bei Lamium purpureum (Blätter und Stengel), mehrgliedrig bei Arnica, Doronicum (Blätter und Stengel), etwas abweichend bei Calendula hybrida. Auch Cirsium acaule und Xanthium spinosum besitzen sie (Taf. XXII. Fig. 78, Taf. XXVIII. Fig. 244).

12) Gliederborsten (P. en lunette). Wie die vorhergehenden, nur steifer (Cucurbita Pepo). (Taf. XX. Fig. 12. 13.)

13) Zwischenwandhaare (P. en valvule *Guett.*). Einfache, meist krystallhelle Haare mit durchscheinenden Zwischenwänden; von den Gliederhaaren nur dadurch unterschieden, dass ihre Oberfläche stetig fortgeht und keine Stufen macht (Ajuga reptans und pyramidalis [Blätter und Stengel], Calendula officinalis, Vinca rosea und Tagetes patula [Blumenblätter]). An der Narbe letzterer Pflanze sind sie eigenthümlich; sie bestehen da aus lauter an einander gereihten unregelmässigen Kugeln, welche in einer durchsichtigen walzenförmigen Haut stecken (!).

14) Knöchelhaare (P. à bosses). Gliederhaare, die an den Gelenken ein wenig aufgetrieben sind. Malpighi fand sie bereits bei Lamium album und bildete sie ab (Taf. XXII. Fig. 71, Taf. XXVIII. Fig. 200).

15) Perlenschnurhaare (P. grainés *Guett.*) Kurzgliedrige,

*) Diese und die beiden vorhergehenden Haarformen (Nr. 11 und 12) habe ich in meinem Auszuge der Guettard'schen Arbeiten stets nur als „einfache mehrzellige Haare bezeichnet (Taf. XXI. Fig. 56. 58).

scharf abgegliederte Haare, deren einzelne Glieder kugel- oder eiförmig sind (Sonchus oleraceus, Baldgreis). (Taf. XX. Fig. 7, Taf. XXI. Fig. 30.)

16) Gelenkhaare (P. à bâtons enfilés). Scharf abgegliederte, langgliedrige Haare (Tradescantia). Sind eben mit den vorhergehenden identisch (Taf. XXI. Fig. 30).

17) Seitenzahnhaare (P. à dents d'une seule coté). Kegelförmige, einseitig gezähnte Haare (Sigesbeckia orientalis). Die Abbildung ist ganz verfehlt, es gehören diese Haare zu denen von Hieracium, Papaver etc. (Taf. XXV. Fig. 151. 156).

18) Höckerchen (Bossettes). Kleine Warzen, ohne daran sitzende Haare (Samen von Hibiscus Trionum). Sie gehören gar nicht hierher und sind nichts weiter als Guettard's so oft erwähnte „mamelons".

B. Zusammengesetzte Haare.

19) Haarwarzen (Filets en houppe *Guett.*) = Büschelhaare. Warzenförmige Erhöhungen mit einigen wegstehenden Haaren (Cistus Helianthemum und crispus, Viburnum Lantana [Haarfilz], Spiraea opulifolia [Kelch und Blüthenstiele]). (Taf. XXIV. Fig. 144. 145.)

20) Sternborsten (P. en étoile). Aufliegende zackige Borsten (Alyssum-Arten, Lavatera triloba, Sida mauritiana). Sind Guettard's Filets en y grec (Taf. XXV. Fig. 161).

21) Gefiederte Haare (P. en plume *Guett.*). Haare, an denen seitwärts andere Haare die ganze Länge hin in grosser Anzahl aufsitzen, ohne dass die letzteren aus einem merklichen Knoten kämen (Hieracium pilosella). Der Abbildung nach wäre eine ganz andere Haarform zu vermuthen (Taf. XXV. Fig. 160).

22) Aestehaare (P. branchus *Guett.*). Pfriemenförmige Haare, die in ihrer ganzen Länge hin andere Haare, aber nur in einer kleinen Anzahl auswerfen (Ribes grossularia). Das Beispiel (Taf. XXVII. Fig. 199) ist ganz falsch gewählt, diese, sowie die unter 24) erwähnten Haare passen nur auf die von mir von Nicandra (Taf. XXIV. Fig. 143) abgebildeten, denn Haare, wie sie Schrank (Fig. 22—24) zeichnet, existiren gar nicht.

23) Gabelhaare (P. en crochet *Guett.*). Ziemlich steife, oben gabelförmig getheilte Haare (Leontodon umbellatum, hispidum und incanum, Lycium barbarum [Filamente], Alcaea bryoniaefolia). (Taf. XXVI. Fig. 184.)

24) Hakenasthaare (P. à branches touffuës). Ziemlich weiche, allmählig spitzigere Haare, die unterwegs aus etwas knotigen Mitteln andere Haare nach verschiedenen Richtungen unordentlich auswerfen (Verbascum Thapsus, Rosmarinus). (Taf. XXIV. Fig. 143.)

25) Zwischenknopfhaare (P. à goupillons *Guett.*). Fadenförmige oder kegelförmige Haare mit kugelförmigen Knoten, worauf wegstehende Haare gepfropft sind (Verbascum Blattaria und Lychnitis). Die Guettard entlehnte Abbildung ist absolut unkennbar und selbst für die damaligen Hülfsmittel unglaublich schlecht (Taf. XXIV. Fig. 137).

26) Schützenborsten (P. en navette *Guett.*). Eine Warze mit einem darüber horizontal liegenden schützenförmigen Körper (Humulus Lupulus). (Taf. XXIII. Fig. 105.)

27) Gezähnte Borsten (P. à dents). Kegelförmige Borsten, die ihrer ganzen Länge nach mit Zähnen besetzt sind (Samen von Tordylium Anthriscus). Gehört gar nicht hierher.

28) Angelborsten (P. en hameçon *Guett.*). Abgestutzte kegelförmige Körper mit 4 oder mehreren rückwärts gebogenen steifen Widerhaken an der Spitze (Samen von Myosotis Lappula). Gehört ebenfalls nicht hierher.

29) Gezähnte Angelborsten (P. dentelés en hameçon). Kegelförmige, ihrer ganzen Länge nach mit Zähnen besetzte Körper, die an ihrer Spitze einige Widerhaken haben. Die Zähne stehen alle nach abwärts (Samen von Caucalis leptophylla, Cynoglossum officinale). Ist ebenfalls keine Haarform.

II. Drüsen (glandes).

A. Stiellose.

30) Schlauchdrüsen (Gl. utriculaires *Guett.*). Das auf der Oberfläche fast ganz bloss liegende Zellgewebe (Amaryllis formosissima, Mesembryanthemum crystallinum und deltoides).

31) Hautdrüsen (Gl. miliaires *Guett.*). Sind die Spaltöffnungen.

32) Fleischdrüsen (Gl. vesiculaires *Guett.*). In die Substanz versenkte, meist durchscheinende Drüsen (Blätter von Dictamnus albus, Teucrium hircanicum, Urtica urens, Thymus Serpyllum, Psoralea bituminosa, besonders aber von Hypericum perforatum).

33) Linsendrüsen (Gl. lenticulaires *Guett.*). Linsenförmige, sehr kleine, schimmernde oder schimmerlose Drüsen auf der Oberfläche der Pflanzen (Blattunterseite von Humulus Lupulus, Psoralea pinnata und glandulosa).

34) Schuppendrüsen (Gl. écailleuses *Guett.*). Mehr oder weniger zusammengedrückte, stumpfe, etwas harte Drüsen, die meist mit dem einen Ende etwas wegstehen (Samen von Ammi copticum, Selinum palustre und Carvifolia).

35) Thränendrüsen (Gl. en larme batavique *Guett.*). Sie haben die Gestalt einer gemalten Thräne und liegen auf den Pflanzen nach der Richtung ihrer grösseren Axe.

36) Felsendrüsen (Gl. en stalagmite). Unordentlich über und an einander gereihte Bläschen (Narben von Ricinus).

37) Napfdrüsen (Gl. à godet *Guett.*). Fleischige, undurchscheinige, stiellose oder gestielte Drüsen, die keinen Saft sichtbar ausschwitzen oder in flüssiger Gestalt enthalten. Die Sägezähne der Weiden, Pflaumen etc. sind von ihnen gebildet, desgleichen die schwarzen Kügelchen am Rande der Blätter vieler Hypericum-Arten.

B. Gestielte.

38) Kugeldrüsen (Gl. globulaires *Guett.*) = kugelförmige Köpfchenhaare. Krystallhelle Kugeln, von einem krystallhellen, auch wohl gegliederten Stiele gestützt, aber auch stiellos (Chenopodium viride [Blätter], Hasselquistia cordata [Samen]). Im Alter welken sie ab und stellen einen mehligen Staub dar (Taf. XXVI. Fig. 198b., Taf. XXX. Fig. 308, Taf. XXXI. Fig. 372).

39) Becherfadendrüsen (Gl. à cupule *Guett.*) = becherförmige Köpfchenhaare. Kugelförmige oder halbkugelförmige undurchsichtige Drüsen, die von einem walzenförmigen oder kegelförmigen, stetigen oder gegliederten, krystallhellen oder undurchsichtigen Stiele gestützt werden (Teucrium hircanicum, Rosa foetida, Scabiosa stellata, alle Nicotiana-, Hyoscyamus-, Geranium-Arten etc.). Sie schwitzen einen klebrigen Saft aus (Taf. XXVI. Fig. 197, Taf. XXIX. Fig. 280, Taf. XXX. Fig. 310, Taf. XXXII. Fig. 407). Die von Schrank als halbkugelig beschriebenen Formen sind eben nur Haare mit bereits collabirtem Köpfchen.

40) Kolbendrüsen (Gl. en massue *Guett.*). Mehr oder weniger fadenförmige Stiele mit einem eiförmigen Häuptchen am Ende;

das Kölbchen ist immer, der Stiel meist undurchsichtig. Sie sind einfach und aestig und secerniren sämmtlich.

Nach dieser Eintheilung folgen eine Reihe allgemeinerer Betrachtungen. Schrank erwähnt, dass junge Pflanzen und Blätter dichter mit Haaren besetzt sind als alte, bei denen sie oft abfallen, dass Pflanzen in rauhen Klimaten oder auf magerem Boden viel haariger sind, als solche, die in fruchtbarer Erde und unter mildem Klima wachsen. In beiden Fällen rücken nämlich die Pflanzentheile nicht genug aus einander, die Stengel bleiben kürzer und schlanker, die Blätter schmäler und magerer, es stehen daher die auf ihnen haftenden Haare etc. dichter an einander und geben den Theilen ein rauheres Ansehen. Panicum sanguinale trägt auf fettem und lockerem Boden lauter glatte Aehrchen; Schrank hatte in einem Blumentopf eine grosse Anzahl von Samen dieser Pflanze angebaut, und als in der Folge eine Anzahl der schwächeren Pflänzchen von den stärkeren überwuchert und unterdrückt wurden, fand Schrank die meisten Bälglein der unterdrückten sehr zottig und diese Zotten bestanden aus lauter äusserst feinen Haaren.

Dass an der Blüthe und ihren Theilen meist so viele Haare etc. stehen, glaubt Schrank damit zu erklären, dass an der Blüthe — einem verkürzten Zweige — alle diese Gebilde, welche in der Folge weit aus einander hätten stehen sollen, nun durch das Aufhören des Wachsthums auf einem kleinen Platze bei einander bleiben müssen und doch weder abzufallen noch abzutrocknen gezwungen sind, weil der Nahrungssaft von den übrigen stärkeren Theilen noch keinem derselben entzogen wird. Auch von der Erscheinung, dass viele Pflanzen (Veronica Chamaedrys) an ihrem Ende statt der Blüthe eine missgestaltete, sehr haarige Kugel haben, die von einer Mückenlarve hervorgebracht wird, giebt Schrank eine Erklärung. Bedenkt man nämlich, dass die Mücke ihre Eier nicht erst in die Blüthenknospe, sondern in das Herz des ganzen Zweiges, da er selbst noch nicht viel mehr als Knospe war, legte und daher seine Entwickelung durch das Nagen der Maden total zurückgehalten wurde, dass also alle Blätter, Blattstiele etc., die sonst eine ziemliche Grösse erhalten hätten, auf einen sehr kleinen Knäuel verkürzt bleiben, mit ihnen alle die Haare, welche an der ausgewachsenen Pflanze ziemlich weit von einander entfernt gestan-

den hätten, so begreift man, dass der Knäuel sehr haarig erscheinen muss. Darin bestärkte ihn noch der Umstand, dass zunächst die Haare dieser Auswüchse mit denen der übrigen Pflanze von einerlei Art sind und dass ferner die Auswüchse, wenn sie an haarlosen Pflanzen (Sysimbrium palustre etc.) vorkommen, auch haarlos sind.

Was die Vertheilung der Haare am Pflanzenkörper betrifft, hat Schrank in einige allgemeine Sätze zu bringen gesucht, die freilich nicht alle beibehalten werden können.

1) Es ist sehr gewöhnlich, dass man auf einerlei Pflanzen mehrere Haarformen bemerkt. Dieser Fall ist nicht nur der gewöhnliche, sondern geradezu der allgemeine und es werden nur ganz ausserordentlich wenige Gewächse vorkommen, welche nur einerlei Haare zeigen.

2) Einige Haarformen sind gewissen Theilen der Pflanzen vorzüglich eigen und fehlen allen anderen ohne Ausnahme. Dies ist unrichtig, noch mehr die Beispiele, welche Schrank angiebt. Er sagt, die Narben der Labiaten seien stets ohne alle Haare, während doch die meisten sie besitzen, wie meine Beobachtungen lehren (Salvia gesnerifolia etc.), ferner an den Narben kämen nie mehrzellige Haare, Köpfchenhaare und dgl. vor, während Correa speciosissima (Taf. XXV. Fig. 154), Iris-Arten (Taf. XXVI. Fig. 182), Acacia-Arten etc. gerade an den Narben ausserordentlich zusammengesetzte Haare tragen. Man kann höchstens sagen, dass die gewöhnlich dort vorkommenden Haare keulen- oder kolbenförmige seien.

3) Auch die Wurzeln der Pflanzen sind behaart. Die Haare derselben sind indess nie abgegliedert (mehrzellig), nie verästet oder zusammengesetzt, tragen nie Köpfchen u. dgl. Eigentliche Verästelungen kommen nun freilich bei Wurzelhaaren nicht vor, doch sind astartige Aussackungen derselben, die oft eine bedeutende Länge erreichen, ganz gewöhnlich.

4) Einige Haare sondern offenbar einen Saft ab. Zunächst sind dies fast alle Köpfchenhaare (Nicotiana rustica, Geranium sanguineum), sodann die inneren Drüsen (Thymus, Hieracium, Psoralea) und endlich die Narbenhaare, welche „die wichtigste Feuchtigkeit, den zur Aufnahme des befruchtenden Blüthenstaubes so unentbehrlichen Safttropfen“ absondern.

5) Es giebt kein Landgewächs, das ohne alle Haare oder Drüsen wäre.

6) Pflanzen, die bestimmt sind, an dürren Standorten oder in kalten Erdstrichen zu wachsen, sind fast durchweg sehr haarig und mit Drüsen besetzt. So sind Ranunculus glacialis und lanuginosus behaart, Ranunculus Ficaria, Lingua, Flammula und sceleratus glatt. Desgleichen ist dies bei den verschiedenen Artemisia-, Anemone-, Colutea-Arten etc. der Fall.

In seiner letzten Abhandlung endlich handelt Schrank von dem Nutzen dieser Gebilde. Seine Ansichten darüber sind folgende:

1) Viele scheinen der Pflanze lediglich zur Bekleidung zu dienen (Samen von Tordylium, Caucalis, Athamanta etc.).

2) Offenbar zur leichteren Verbreitung der Samen (die Hakenhaare von Galium, Bidens, Verbesina-Arten etc., die Angelhaare von Cynoglossum etc.). Vorbeigehende Thiere streifen sie ab und säen dieselben an anderen Orten, z. B. wenn sie sich putzen, wieder aus.

3) Zu anderweitigem Nutzen:

a) Schon Grew erwähnt, dass die Haare den jungen Pflanzen dienen, die noch unentwickelten Theile vor wechselseitigem Drucke zu schützen, daher viele Blätter im Knospenzustande mit Haaren bedeckt sind, die sie später abwerfen (Rothbuche etc.).

b) Viele Knospen werden durch ihre haarige Bekleidung gegen die Strenge des Winters geschützt. Später werfen sie dieselben wieder ab.

c) Viele Haare an den Staubgefässen tragen zur Erleichterung der Befruchtung bei (Viola).

d) Der Haarkranz unter der Narbe vieler Pflanzen (Vicia) trägt zur Vergrösserung ihrer Oberfläche bei und zwingt daher den Pollen, wenigstens in der Nähe der Narbe zu bleiben.

e) Bei Aconitum Napellus ist ihr Vortheil augenscheinlich; die Filamente haben Federhaare, welche über die Narbe herliegen und den Pollen auffangen und zur Narbe bringen, was ohne sie bei dem bekannten Narbenbaue der Pflanze sehr schwer wäre.

f) Die schützenförmigen Haare des Hopfens (Taf. XXIII. Fig. 105) vermehren die Reibung zwischen der Pflanze und der Stange, halten also die Hopfenrebe daran fest und hindern zugleich die

unmittelbare Berührung zwischen der Substanz der Pflanze und der Stange.

Was schliesslich die Functionen dieser Gebilde anlangt, theilen sich alle Forscher in 2 Parteien, deren eine behauptet, sie dienen der Pflanze zur Ausdünstung, während die andere sie zur Einsaugung bestimmt hält. Schrank sucht in ganz origineller und geistvoller Weise das Problem rein geometrisch zu lösen. Stösst nämlich eine Flüssigkeit mit einer gewissen Kraft an eine harte, unbewegliche, schiefe Fläche (Wandung eines Haares), so wird sie dadurch einen Verlust an Geschwindigkeit erleiden, d. h. es geht ein Theil der Kraft durch den schiefen Stoss verloren und es lässt sich leicht zeigen, dass dieser Verlust gleich ist dem Sinus versus des Winkels, unter welchem die Flüssigkeit an die schiefe Fläche stösst. Nun wächst aber dieser Verlust, je mehr der Neigungswinkel zunimmt, es muss daher 1) die Schwierigkeit, dass aus Pflanzenhaaren etwas ausfliesse, desto mehr zunehmen, je mehr bei ihnen die Wände gegen einander geneigt sind, oder gar gebogen. Nun sind aber die meisten Haare gebogen, überdies viele durch Zwischenwände unterbrochen. Dazu die grosse Anziehungskraft der Wände selbst, die auch bei walzenförmigen Haaren, im Vergleiche zur geringen Flüssigkeitsmenge, das mittlere Säulchen der Flüssigkeit zurückhalten muss. Für die nach oben enger werdenden Haare kann daher nicht die Hauptabsicht sein, dass sie ausführende Gefässe seien (Analoga sind oben enger werdende oder gebogene Rauchfänge etc.). Bjerkander*) glaubte freilich, die Haare der Pflanzen dünsteten auch wässrige Flüssigkeiten aus, denn er sah, dass bei behaarten Blättern alle Morgen jedes Haar vom Grunde bis an die Spitze mit grösseren und kleineren Tropfen bekleidet sei. Nach ihm ist das nicht vom Thaue, da es sich an Fragaria vesca, Equisetum fluviatile auch zeigte, wenn die Pflanzen unter Glasglocken gehalten wurden. Schrank indess widerlegt diese Ansicht, indem er natürlicher Weise das Phänomen als ein Beschlagen mit Wassertröpfchen bei erfolgter Abkühlung erklärt.

2) Müssen walzenförmige Haare die Ausführungen

*) Schwed. Abh. 1773.

und Einsaugungen gleichmässig erleichtern oder wenigstens nicht hindern, da bei parallelen Wänden der erwähnte Verlust gleich 0 ist. Daher sind die Narbenhaare fast alle walzenförmig, denn sie sollen „den öligen Safttropfen, der den Pollen auffangen soll, ungehindert heraustreten lassen und dann wieder aufsaugen.“

3) Wird das Fortfliessen befördert, wenn die Wände nach aussen divergiren. Dies ist der Fall bei becherförmigen Haaren etc.

Schrank schliesst aus dem Erwähnten, dass die kegelförmigen Haare vorzüglich der Einsaugung von Dünsten dienen. Legte er Haare unter Wasser, so füllten sie sich äusserst langsam, verdünnte er das Wasser mit Branntwein, so füllten sie sich schnell. Schrank sagt nun, dies beweise, dass die Flüssigkeiten, welche von den kegelförmigen Haaren eingesogen werden, verdünntes Wasser — d. i. Dünste (!) sein müssen.*) Unter dieser Annahme findet Schrank Vieles begreiflich, was man sich sonst kaum erklären könnte, und zwar:

1) Dass die Pflanzen heisser Länder so viele Haare haben. Dort, wo es selten regnet, sind nämlich starke Thaue, die Luft ist also sehr feucht (!) und die Pflanzen saugen das ein.

2) Dass das Gleiche bei Pflanzen auf dürrem Sandboden und kahlen Alpenfelsen der Fall sei.

3) Lernen wir dadurch, wie die Wurzeln ihre Nahrung aus der Erde erhalten etc.

Man begreift, dass schon der Umstand, dass die Pflanzenhaare eben nicht offene Röhren sind, wie Schrank bei seinen Beweisen stillschweigend annahm, die Schlussfolgerungen desselben sämmtlich illusorisch macht.

Sehr richtig bemerkt übrigens Schrank am Schlusse seiner wohldurchdachten Arbeit, dass die Haare der Oberhaut angehören, denn man könne sie mit ihr abziehen, ohne dass darunter eine Narbe zurückbleibe. Das letztere Argument ist freilich nicht immer richtig. Zusammengesetztere Haarformen (Ribes grossularia [Taf.

*) Diese Schlussfolgerung, dass verdünntes Wasser Dunst sei, ist zu Schrank's Zeiten unverzeihlich.

XXVII. Fig. 199], Humulus Lupulus etc.) lassen sich keinesfalls mit der Epidermis abziehen, bei ihnen geht das Blattparenchym, wie ich zeigen werde, mit in die Bildung des Haares ein.

Nach Schrank folgt wieder eine grosse Pause, die bis Eble (1831) und Meyen (1837) reicht und nur hier und da einige werthvolle, aphoristische Bemerkungen liefert.

Hedwig*) vertheidigt die Ansicht, dass die Pflanzenhaare Luft aushauchen, schrieb auch**) Einiges über die Functionen der Wurzel haare.

Ypey***), den man lange Zeit für den eigentlichen Entdecker dieser Gebilde hielt, theilte Beobachtungen und Zeichnungen der Sternhaare von Nymphaea-Arten mit, ohne indess etwas Wesentliches dem darüber bereits Bekannten zuzufügen, was Tournefort gegeben hatte (1690).

Mirbel†) beschrieb und zeichnete zuerst jene sonderbaren, grünen, kugeligen, über und über mit Punkten bedeckten Körper im Stengel von Myriophyllum-Arten, über welche sich später eine so lange Controverse entspann, welche erst von Meyen glücklich gelöst wurde.

Krocker††) giebt ausser dem von Guettard bereits Gesagten wenig Neues; die Basis der Haare ist nach ihm eine Fortsetzung der Oberhaut.

Ausführlicher hat schon Sprengel†††) über Pflanzenhaare gehandelt. Nach ihm ist ein Haar jede weiche in eine Spitze auslaufende, mehrentheils durchsichtige Verlängerung der Oberhaut; er beschreibt die Hauptformen derselben recht gut als Gabel-, Feder-, Glieder-, Zwischenwand- und Drüsenhaare mit Schrank's Definitionen und zeigt, dass die Haare oft in Dornen übergehen (Cactus Pereskia, Acacien etc.). Es scheinen ihm die Haare Verlängerun-

---

*) Hedwig, De febr. vegetab. p. 9.

**) Hedwig, Sammlung seiner zerstreuten Abhandlungen. I. Band. 1797. S. 69.

***) Ypey, Verhandl. de Hollands. Maatschapp. der Wetensch. te Haarlem. 1773. XIV. p. 367.

†) Mirbel, Journ. de Physique. Tom. 58. an. 9. p. 64. Tab. I. Fig. 2.

††) Krocker, A., De plantarum epidermide. Halae 1800. p. 22 sq.

†††) Sprengel, K. Anleitung zur Kenntniss der Gewächse. I. Band. Halle 1802. S. 129 ff. Taf. II. Fig. 20, Taf. III. Fig. 21—24.

gen der aufsteigenden Canäle, der Schraubengänge oder der Zellfaser zu sein, und diese Verlängerungen werden wahrscheinlich durch den Trieb der Säfte veranlasst, denn je stärker der Trieb der Säfte, desto haariger ist die Fläche. Sprengel glaubt auch einmal die Fortsetzung eines Schraubenganges in ein Haar bemerkt zu haben. Werden demnach die Haare durch den Trieb der Säfte hervorgetrieben, so scheinen sie offenbar zur Ausdünstung zu dienen; dies wird auch dadurch bestätigt, dass man sehr oft an ihrer Spitze ein Tröpfchen von dem eigenthümlichen Safte des Gewächses beobachtet. Dieser schwitzt offenbar aus dem Gewächse selbst aus. Auch bemerkt man, dass, wenn Erdbeerenstauden oder Melonenranken unter Glasglocken gestanden haben, die Haare an der Oberfläche nach einiger Zeit mit Wassertropfen besetzt sind. Diese hat man öfters chemisch untersucht und in ihnen dieselben Bestandtheile gefunden, wie in den Säften der betreffenden Gewächse. An der Narbe und den Wurzeln dienen die Haare, wie Sprengel glaubt, zur Einsaugung, da die Narbe die Bestimmung hat, die befruchtende Substanz aufzunehmen und dem Fruchtknoten zuzuführen, desgleichen die Wurzel zur Aufnahme der Erdfeuchtigkeit bestimmt ist.

Drüsen sind ihm besondere Körperchen, die von rundlicher Form, bisweilen mehr gefärbt als das übrige Zellgewebe, von körnigem oder gleichsam fleischigem Gewebe sind, und ganz einzeln in dem Zellgewebe liegen oder über die Oberhaut, aber noch von ihr bedeckt (?), hervorragen. Meist stehen sie in unmittelbarer Verbindung mit den Schraubengängen.

Auch die Stacheln sind im jugendlichen Zustande Haare (Rosa, Berberis etc.).

Die Abbildungen (Taf. II. Fig. 20, Taf. III. Fig. 21—24), welche Sprengel beifügt, sind in hohem Grade unvollkommen.

Biot*) schreibt über die Absonderungen der Haare von Dictamnus albus und zeigt, dass die sogenannte entzündliche Atmosphäre derselben durch ein ätherisches Oel hervorgebracht wird.

Treviranus**) bildet die Sternhaare in den Luftlücken der

*) Biot, Nouv. ann. du musée d'hist. natur. Tom. I. p. 273—281.

**) Treviranus, L. C., Vom inwendigen Baue der Gewächse. Gekr. Preisschrift. Göttingen 1806, Taf. I. Fig. 3. S. 5.

Nymphaeen und zwar von Nuphar luteum ab, gesteht indess, dass er über dieselben durchaus nicht im Klaren sei.

Rudolphi,*) welcher über Epidermoidalbildungen so vielfache Studien machte, hat auch bezüglich der Pflanzenhaare manche werthvolle Daten geliefert. Nach ihm sind die Haare Verlängerungen des Zellgewebes, er leugnet entschieden, dass sie, wie Sprengel annahm, Fortsetzungen der Schraubengänge seien, denn er habe bei den glücklichsten Injectionen sehr behaarter Pflanzen, wo alle, auch die feinsten Gefässe mit der gefärbten Flüssigkeit angefüllt waren, nie die Haare mit erfüllt gesehen, sondern stets farblos, wie sie früher waren. Die Gründe, welche Sprengel für die Ausdünstung der Haare angab, sucht Rudolphi desgleichen zu entkräften. Zunächst, meint er, beweise die Verlängerung eines Pflanzentheiles keineswegs einen stärkeren Antrieb der Säfte, denn die Fasern und Haare der Wurzel seien auch Verlängerungen, obgleich sie entschieden einsaugten; auch bemerkt er sehr richtig, die Haare seien nicht später erst erzeugte Verlängerungen, welche nur der Antrieb des Saftes hervorbringe, sondern wesentliche Theile eines jeden Organes, welche auch mit demselben zugleich entsprängen. — Die Tropfenbildung an den Haaren unter einer Glasglocke befindlicher Pflanzen komme nicht von einer aus den Haaren abgeschiedenen Flüssigkeit, sondern könne theils ein aufsteigender Thau sein, der sich an die Pflanzenhaare hänge, oder davon herrühren, dass die Ausdünstung der Pflanze sich an den Haaren sammle, oder endlich, dass sie Drüsenstiele seien. Sprengel's (l. c.) Behauptung, dass, je mehr Spaltöffnungen ein Theil habe, desto weniger besitze er Haare, denn da die Spaltöffnungen zum Einsaugen dienten, müssten diese wohl zum Ausdünsten da sein, kehrt Rudolphi um und sagt: wo viele Haare sind zum Einsaugen, bedürfe es nicht so vieler und grosser Poren, und wo diese seien, wären jene nicht nöthig, da ja beide das Geschäft des Einsaugens hätten. Dieses letztere schreibt Rudolphi den Haaren mit Entschiedenheit zu und zwar aus folgenden Gründen:

a) Sehr viele der starkhaarigen Pflanzen kommen in warmen,

*) Rudolphi, K. A., Anatomie der Pflanzen. Gekr. Preisschrift. Berlin 1807. S. 107 ff. Taf. II. Fig. 12—14, Taf. IV. Fig. 4.

sehr trockenen Gegenden vor; sie haben wenig Saft, können daher nicht viel ausdünsten; sie haben kleine Wurzeln und sehr spärliche oder gar keine (?) Spaltöffnungen, die ihnen Flüssigkeiten zuführen könnten: daher ist es natürlich, anzunehmen, dass die Haare aus der Luft die Feuchtigkeit einsaugen, welche die Wurzeln im dürren Sande nicht finden können.

b) Die übrigen haarigen Pflanzen wachsen auf den Alpen oder trockenen Gebirgsgegenden. Sie stehen auf dürrem Boden, in Felsenritzen u. s. w. Auf den Alpen empfangen sie keinen Regen (?), daher sie wohl auch hier zum Einsaugen dienen.*)

c) Man begreift bei dieser Annahme, warum die Oberfläche der im Wasser lebenden Pflanzen ohne Haare ist. Rings vom Wasser umgeben, bedürfen sie ihrer so wenig als der Poren und beide gehen ihnen daher ab.**)

d) Eben deshalb sind fast alle Pflanzen auf den feuchten Wiesen und in den Sümpfen des nördlichen Europa's völlig haarlos, die dort lebenden Gewächse bedürfen so vieler Saugwerkzeuge nicht. Eben deshalb keine behaarte Pflanze aus den feuchten Gegenden Amerika's und Australiens.

e) Darum haben alle mit grossen und vielen Poren versehenen Pflanzen keine Haare, da sie ihrer entbehren können.***)

f) Auffallend ist es, wie einzelne Geschlechter solcher Familien, die gewöhnlich haarlos sind, in dürren Gegenden behaart werden, z. B. die Gräser.

g) Und umgekehrt, dass so viele im wilden Zustande behaarte Pflanzen in unseren Gärten allmählig und oft ganz diese Bekleidung verlieren, z. B. Alpenpflanzen, die sibirischen Gewächse etc. Rudolphi glaubt dies nicht etwa dadurch erklärbar, dass diese Pflanzen in unseren Gärten grösser werden, und daher ihre Haare mehr vertheilt zu stehen kommen, sondern nur aus ihrer veränderten

---

*) Viel wahrscheinlicher ist wohl, dass sie die Pflanze gegen zu niedere und zu hohe Temperaturen, sowie gegen rasche Wechsel derselben zu schützen bestimmt sind.

**) Jähe Temperaturwechsel etc. kommen hier nicht vor, daher meine obige Bemerkung auch da Geltung hat.

***) Ist unrichtig. Vergl. Weiss, über Zahlen- und Grössenverhältnisse der Spaltöffnungen in Pringsheim's Jahrbüchern. Band IV. S. 125 ff.

Oekonomie. Sonst standen sie auf dürrem Boden, wo die Wurzeln wenig einzusaugen fanden und sie bekamen selten oder nie Regen; jetzt stehen sie in lockerer, fetter Erde, worin sich die Wurzeln ausbreiten und reichlich Nahrung finden, und wenn der Regen fehlt, werden sie begossen. Dem Einwurfe, dass viele der genannten Pflanzen in den Gärten trotz aller Cultur die Haare behalten, begegnet Rudolphi damit, dass fast alle diese Pflanzen einen starken Filz und eine äusserst dünne Blattsubstanz haben, so dass diese allein gar nicht bestehen könne, einigen gingen sogar die Poren ganz ab, für sie seien daher die Haare wesentlich und immer nöthig (Teucrium fruticans, Cineraria maritima, Stachys lanata, Marrubium pseudodictamnus, Cistus ladaniferus).*)

h) Alle Pflanzen aller Klimate dünsten aus und wie viel grösser ist die Zahl der unbehaarten, als die der behaarten.

Aus alle dem glaubt Rudolphi schliessen zu können, dass die Haare einsaugen, übrigens giebt er zu, dass sie auch sehr viel zum Schutze und zur Bedeckung zarter Theile, sowie bei Samen zu deren Verbreitung dienen.

Die Haare in den Luftlücken der Nymphaeen vergleicht er ganz richtig mit den Sternhaaren anderer Pflanzen und sagt, sie hätten mit Krystallen (Jurine) Nichts gemein. Die von Mirbel bei Myriophyllum beobachteten Gebilde erklärt er für zerrissenes Zellgewebe.

Sprengel**) widerruft seine früher ausgesprochene Ansicht, dass die Haare mit den Spiralgefässen in Verbindung ständen und vertheidigt die Ansicht, dass sie ausdünsten. Dornen und Stacheln haben mit den Haaren ganz den gleichen Ursprung. Die Sternhaare der Nymphaeen hält er für Anfänge oder Ueberreste von Wandungen, die nicht zur Ausbildung gelangten (!). — Abgebildet sind eine Reihe von Haaren, aber sehr unvollkommen.

*) Der Grund, dass Temperaturschutzmittel hier unnöthig werden, mag wohl hier auch seine Geltung haben. Man fände es da begreiflich, warum die so zarten Narben so oft und so stark behaart sind. Die Pflanzen, welche Rudolphi als spaltöffnungslos aufzählt, haben, wie ich fand, dieselben sämmtlich, sein Argument fällt daher weg.

**) Sprengel, K., Von dem Bau und der Natur der Gewächse. Halle 1812. S. 89 und S. 197 ff.

Link*) unterscheidet bei den Haargebilden gestielte Glandeln, kopfförmige Glandeln und Haare, an deren Spitze ein Tröpfchen Saft ausschwitzt. So hätten viele Salvia-Arten nicht gestielte Glandeln, sondern nur Haare, an deren Spitzen ein Tröpfchen hängt, welches sich abwischen lässt, aber in der Luft so dickflüssig und braun wird, dass man es leicht für eine Drüse halten könnte.

Später**) meint er, ob vielleicht alle Haare, welche Querwände im Verlaufe oder in der Nähe der Basis haben, zur Absonderung, hingegen alle, denen diese Querwände fehlen, zur Einsaugung bestimmt seien? Er findet das sehr wahrscheinlich, da die Haare an den Wurzeln keine Spur von Querwänden zeigen, die Haare am Stamm etc. wenigstens in der Nähe ihrer Basis immer damit versehen sind.***) Link sah Querwände bei allen Haaren, die offenbar klebrige und riechende Stoffe absondern. Einsaugende Haare müssen die Flüssigkeit schnell durchlassen, damit eine Menge von derselben in das Gewächs tritt, absondernde Haare dagegen können Querwände haben, damit der Stoff beim Durchschwitzen durch dieselben seine gehörige Beschaffenheit und Mischung erhalte. In seinen späteren Schriften†) hat Link seine Ansicht abermals total geändert, er hält die Haare für eine Art Ausscheidung der Oberhaut selber, für eine Verlängerung derselben, die nach ihm eine Folge gehemmter Bildung sein soll. Noch später (Icones anatom. botan. Berol. 1837—1842) hat er vielfach Haarformen abgebildet, zum Theile auch recht gut und brauchbar, was freilich mehr das Verdienst des Lithographen, des jetzigen Prof. Schmidt, genannt werden muss.

Auch hier hat Link durch oberflächliche, durch Beobachtungen nicht unterstützte Hypothesen das, was seine Vorgänger klar zu machen suchten, nur verwirrt, ohne eine einzige neue Thatsache zu geben.

---

*) Link, Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Göttingen 1805. S. 115.

**) Link, Kritische Bemerkungen und Zusätze zu Sprengel's Werk über den Bau und die Natur der Pflanzen. Halle 1812. S. 27.

***) Ist gänzlich unrichtig, wie der erste Blick auf meine Figuren zeigt.

†) Link, Elementa philos. botan. Berlin 1824. p. 238.

Moldenhawer's*) Bemerkungen über die Sternhaare der Nymphaeen gaben Nichts, was nicht bereits bekannt war, und auch Kieser**) hat ausser einigen überaus unvollständigen Abbildungen gewöhnlicher konischer Haare die Sache nicht weiter gefördert.

Lamoureux***) hat über die Haare bei Fucus, Wallroth†) über die bei Charen geschrieben. Später hat Kieser, ††) dessen Abbildungen von da an weitaus über alle die seiner Zeitgenossen an Treue und Sorgfalt der Ausführung hervorragen, auch nicht vielmehr dem Gegenstande beigefügt. Die bereits so oft erwähnten Haare der Nymphaeen haben nach ihm einen hornartigen Bau (?) und die Köpfchen der Cuticula hält er (S. 161) für die eigentlichen Secretionsorgane! Man begreift diese Ansichten um so weniger, wenn man seine für jene Zeit klassischen Abbildungen betrachtet.

Wahlenberg†††) erwähnt, dass Lathyrus pratensis, Pisum maritimum, Ribes rubrum, Salix fusca und Trifolium pratense an der Nordsee theils filzig, theils zottig sind, was in anderen Gegenden nicht der Fall ist.

Schultz†*) sagt, die Haare haben mit dem Zellgewebe, dessen Verlängerungen sie sind, ganz eine und dieselbe Verrichtung, und man kann sie mit als das Digestionsorgan der Pflanzen ansehen, welches die Stoffe zur Verdauung der Nahrung absondert und die verdaute Nahrung unmittelbar einsaugt (!).

Wiegmann†**) theilt eine Beobachtung mit, wonach Apargia aspera, welche einen borstigen Stengel und mit pilis furcatis besetzte Blätter hat, diese Haarformen im cultivirten Zustande nur im Frühjahre zeige, bei weiter vorgerückter Entwickelung aber glatt

---

*) Moldenhawer, J. P., Beiträge zur Anatomie der Pflanzen. Mit 6 Tafeln. Kiel 1812. S. 168.

**) Kieser, D. G, Mémoire (couron.) sur l'organisation des plantes. Haarlem 1812. p. 140. 175 ff. Tab. VI., VII., XI., XVII.

***) Lamoureux, Ann. du museum d'hist. natur. p. 268.

†) Wallroth, Ann. botan. 1815.

††) Kieser, D. G., Elemente der Phytonomie. Gekr. Preisschrift. Jena 1815. S. 54. 169 ff. Taf. II., IV., VI.

†††) Wahlenberg, Flora Gothenburgensis. I. Band. Upsala 1820.

†*) Schultz, P. H., Die Natur der lebendigen Pflanze. Berlin 1823. S. 685. In seinem späteren Werke über die Cyclose hat er nur Wurzelhaare abgebildet.

†**) Flora 1825. S. 586.

werde. Dasselbe fand er auch bei Plantago saxatilis, der bei vorrückender Jahreszeit seine seidenweichen Haare verliert.

Raspail*) fand, dass die rauhhaarigen Scheiden vieler Gräser auf feuchten Wiesen zuweilen glatt werden und dass auf trockenem Boden das Gegentheil vorkomme.

Cassini**) sah die Narbenhaare der Cynarocephalen und glaubt, „dass sie den Pollen der nach innen geöffneten Anthere nach oben austreiben, damit er auf die Oberseite der Narbenlappen, nachdem sich diese von einander begeben, fallen könne.“

De Candolle***) bringt die Haare in 6 Hauptklassen: 1) drüsige Haare, 2) lymphatische oder nicht drüsige, 3) corollinische, 4) schuppige, 5) Wimpern- oder Rand-, 6) Wurzelhaare.

Die drüsigen Haare sind nach ihm entweder: a) drüsentragende, welche die Stützen kleiner Drüsen sind (Köpfchenhaare), oder b) aussondernde Haare. Die corollinischen Haare sind alle, welche sich auf Petalen, Perigonen, Staubfäden und Stengeln befinden, ohne Rücksicht auf ihre Form. Die schuppenartigen sind nach ihm von trockener, schuppiger Beschaffenheit, zeigen sich in atrophischem Zustande und besitzen blos noch die dem Pflanzengewebe eigenen hygroskopischen Eigenschaften (Pappus der Compositen, Samen von Apocyneen etc.). Die Wimperhaare sind nur dadurch ausgezeichnet, dass sie nicht auf einer Fläche, sondern nur auf deren Rande entstehen. Alle übrigen Haargebilde sind lymphatisch, überhaupt alle nicht drüsigen. Er theilt sie ein: 1) in einfache, die nur durch die Verlängerung einer einzigen Zelle gebildet werden, 2) in Fachhaare, welche aus mehreren, einfach an einander gereihten, durch Scheidewände getrennten Zellen bestehen, 3) in ästige Haare, deren zahlreiche Zellen nicht nach einer Reihe, sondern nach verschiedenen Richtungen auseinandergehen, und 4) in stachelförmige Haare, welche aus mehreren, aber wie im Zellgewebe zusammengehäuften Zellen bestehen.

De Candolle glaubt aus dem Umstande, dass Blätter, welche nichts ausdünsten, gemeiniglich glatt, hingegen solche, welche durch

---

*) Flora. 1826. S. 5.
**) Cassini, Opuscula phytolog. Paris 1826. Tom. I. Tab. III. 14.
***) De Candolle, A. P., Organographie végétale. Paris 1827. Cap. 10. p. 108.

ihren Bau und den Standort für eine starke Ausdünstung sich eignen, gewöhnlich behaart sind, zu schliessen, dass die Haare ein natürliches Hinderniss der Ausdünstung sein mögen, insofern sie das Parenchym gegen die Wirkungen des Sonnenlichtes schützen.

Dumortier*) sagt, die Haare müssten der Pflanze Feuchtigkeit zuführen, wenn es die Wurzel nicht könne, sie hätten übrigens in ihren Functionen keinerlei Aehnlichkeit mit den Thierhaaren. Sie dienten weder zum Schutze noch zur Ausdünstung und er sucht dies durch Versuche zu erweisen.

Bischoff**) glaubt, dass die Zellhügel, auf denen öfter ein Haar stehe (Borrago), in den Anfang des Haares selber übergingen.

Meyen***) erwähnt nur, dass die Haare der Dikotylen aus rosenkranzförmig an einander gereihten Zellen beständen, die nach der Spitze des Haares zu immer kleiner und kleiner würden. Ueber die Haare der Nymphaeen handelt er ausführlich und seine Abbildungen sind recht brauchbar.

Amici†) sah bei Portulaca oleracea in den feinen Härchen der Narbe Saftkörperchen auf- und absteigen; als ein Pollenkorn, welches auf einem solchen Haare lag, platzte, fuhr eine Röhre heraus, die sich an die Seite des Haares anlegte und Körnchen enthielt, die theils aus ihr, theils aus dem Pollen kamen, unregelmässig sich bewegten und nach 3 Stunden verschwunden waren. An einem anderen Orte††) bemerkte er bei den Haaren der Nymphaeen, dass sie mit Warzen besetzt seien, deren jede ihm in der Mitte eine kleine Oeffnung zu haben schien, gleich den ähnlichen Organen der punktirten Gefässe.

Mit Eble's†††) Veröffentlichungen tritt die von Guettard in erster und von Schrank in zweiter Reihe geförderte Lehre von den Haaren abermals in einem grösseren, selbstständigen Gewande zu

*) Dumortier, B. C., Recherches sur la structure comparée des animaux et des végétaux. Paris 1829. p. 253.

**) Bischoff, G. W., Handbuch der botanischen Terminologie. Nürnberg 1830. S. 563.

***) Meyen, F. J. F., Phytotomie. Berlin 1830. S. 67. 200 ff.

†) Amici, G., Annales des sciences natur. 1824. p. 65.

††) Amici, G., Ann. des sciences natur. II. p. 237. Tab. XI. Fig. 3.

†††) Eble, B., Die Lehre von den Haaren in der gesammten organischen Natur. I. Band. Wien 1831. S. 1—60. Taf. I.—IV.

Tage. Nach ihm sind Pflanzenhaare alle jene röhrenförmigen Veränderungen, welche auf der Oberfläche verschiedener Pflanzentheile aufsitzen, stets aus einer oder mehreren aus dem allgemeinen Zellgewebe hervorspringenden Zellen bestehen und ihrer äusseren Bildung nach den Haaren der Thiere mehr oder weniger ähnlich sind.

Nicht blos die Epidermis, sondern der gesammte Rindenkörper geht mit in die Bildung des Haares ein, und zwar meint Eble, dass die einfachen Formen aus der Oberhaut gebildet werden, bei den mehr entwickelten bilde sie indess nur den Ueberzug über die aus dem Rindenkörper entspringenden und vorwaltend nach der Länge angereihten Zellen. Unter Rindenkörper versteht er eben nur die unmittelbar unter der Oberhaut sich ausbreitenden Zelllagen. Meist erhebt sich das Zellgewebe der Rinde mehr oder weniger an dem Orte, wo ein Haar entstehen soll, und wird nach der Verschiedenheit der Pflanzen und des Haares entweder gestreckter oder körniger. Dieses Zellgewebe bildet gleichsam die Unterlage, die Basis, aus welcher sich das zu entwickelnde Haar erhebt.*) Zuweilen bleibt es blos bei dieser Production, das Zellgewebe setzt sich in keine haarförmigen Verlängerungen fort, und so entstehen dann Tuberkeln (Helianthus annuus), wo häufig Knötchen mit nicht entwickelten Haaren und solche mit entwickelten vermischt unter einander vorkommen. Eine höhere Metamorphose dieser Grundlage zeigt sich da, wo das Zellgewebe des Rindenkörpers entweder erhoben oder in sich selbst versenkt (?) eine mehr körnige (!) Form annimmt, gefärbt wird (Echium vulgare, Chaerophyllum bulbosum) und sich auf diese Weise als drüsiges, der Ausscheidung eigenthümlicher Pflanzensäfte gewidmetes Organ darstellt.

Dies wäre nach Eble demnach der Bulbus der Pflanzenhaare, analog dem der thierischen. Er zeigt sich als ein Convolut von mehr oder minder unvollkommenem Zellgewebe, aus dem sich unmittelbar das Haar erhebt. Eine dritte Metamorphose eben dieser Grundlage ist jene, wo sich dessen Zellgewebe durch den ganzen Haarkörper hindurch bis an dessen äusserstes Ende hinzieht und dem Haare so eine grössere Steifheit giebt (Apargia hispida). Bei

*) Ist unrichtig; aus meinen Beobachtungen folgt, dass der Zellhügel sich stets erst nach dem Haare bildet.

zarteren, einfachen und kleinen Haaren hingegen scheinen nur einzelne und zwar die oberflächlichsten Zellen des Rindenkörpers sich zur Haarbildung erhoben zu haben — in einigen Fällen mag auch blos die Epidermis an deren Bildung ausschliesslichen Antheil nehmen.*) Dass Haare und Stacheln im Grunde von einander nicht verschieden seien, glaubt Eble ebenso wie Schrank vor ihm, dagegen verwirft er ebenfalls Guettard's Piedestale.

Ob Gefässe überhaupt und welcher Art insbesondere in die Haare eindringen, glaubt Eble noch nicht entschieden.

In einen ganz absonderlichen Irrthum verfiel Eble dadurch, dass er die Cuticularknoten der Haare für kleine Zellen ansieht,**) die er für drüsenartige Körper hält! Wohl nur Copie von Kieser's Ansicht!

Die Eintheilung der Haargebilde giebt Eble nach Schrank, nur dass seine Definitionen präciser sind; die Drüsenhaare — ebenfalls einfache Haare, welche einer oder mehreren Drüsen als Stütze dienen — theilt er ein in folgende Kategorien: 1) Kopfförmige Haare. Einfache walzenförmige, auch gegliederte Haare, die sich oben mit einer kugeligen Drüse endigen — es sind die Gl. globulaires von Guettard. Er fand sie bei Antirrhinum majus (Abbildung Taf. IV. Fig. 34 schlecht), Stapelia reclinata, Digitalis-, Nicotiana-, Hyoscyamus-, Rosa-, Geranium-Arten etc. 2) Becherhaare (Gl. à cupule von Guettard). Einfache Haare, die an der Spitze eine hohle (?) Drüse tragen, z. B. Cicer arietinum (Abbildung schlecht). 3) Vielköpfige Haare (Gl. en massue *Guett.*), wenn die Aeste eines zusammengesetzten Haares in Drüsen endigen, z. B. Passiflora foetida, Croton penicillatum (Abbildung Taf. IV. Fig. 35 schlecht).

Von den auf sogenannten Drüsen sitzenden Haaren (Dictamnus, Malpighia) glaubt Eble sehr richtig, dass wohl nicht immer eine Drüse vorhanden sein möge.

Was die Verbreitung der Haare betrifft, erwähnt Eble eben, dass sie so zu sagen an allen Pflanzentheilen vorkommen,

---

*) In der That ist dies nicht nur „in einigen Fällen", sondern fast ausschliesslich der Fall.

**) Eben so unglücklich ist Eble's consequent durchgeführte Darstellung eines angeschnittenen Haares; seine Figuren sind dadurch sehr naturwidrig geworden, abgesehen davon, dass mit dieser Darstellungsweise gar nichts klarer gemacht wird.

dass indess Stengel und Aeste meist mit den grössten, rauhesten und längsten Haaren besetzt sind, desgleichen die Blätter vorwiegend an ihrer unteren Fläche.

Der Einfluss des Klimas sei ebenfalls unverkennbar. So sei Cichorium dulce in Berggegenden behaart, in Neapel cultivirt glatt, desgleichen Sanguisorba und Brassica oleracea und maritima. Laserpitium prutenicum verliere auf nassem Standorte die Haare. Uebrigens gebe es viele Sumpf- und Wasserpflanzen, die stark behaart seien, doch fielen ihre Haare ab, wenn man sie an trockenen Standorten cultivire.

Die Farbe der Haare ist nach Eble meist weiss, selten rostfarben (Ledum palustre), noch seltener blau (Solanum sanctum) oder grün (Delphinium elatum); violett hat sie Tradescantia virginica.*) Uebrigens zeige sich da, meint Eble, an einer und derselben Pflanze grosse Verschiedenheit.

Die Grösse der Haare ist nur durch die Messungen von Martius**) in directer Weise gegeben; er fand bei Gomphrena officinalis die Breite oben 0,00067, an der Basis 0,0030; bei Gomphrena globosa den Durchmesser 0,00039 Par. Zoll.

Anlangend die physiologische Bedeutung dieser Gebilde meint Eble, dass es sicher seinen Grund habe, warum die meisten Pflanzen mit oben spitz zulaufenden, dagegen weit weniger mit abgestumpften oder kopfförmigen Haaren versehen seien. Er sucht zu beweisen, dass die Haare ausserordentlich niedrig organisirt sind und unter allen Pflanzentheilen, mit Ausnahme der Epidermis, der unorganischen Natur am nächsten stehen.

Alle Haare wachsen vom Grunde gegen die Spitze; im Durchschnitte wachsen sie schnell zu ihrer höchsten Grösse und Ausbildung heran, und sie erscheinen nicht eher, als die Entwickelung ihres mütterlichen Bodens bis auf einen gewissen Grad gediehen ist. Häufig gehen sie in Borsten über.

Ihre Verrichtungen sind entweder Hauptverrichtungen oder Nebenverrichtungen. Was die ersteren belangt, so haben Malpighi,

---

*) Dass gefärbte Haare ausserordentlich häufig und nicht Ausnahmen seien lehren meine Beobachtungen.

**) Martius, Nova acta academ. Leop. nat. Cur. Vol. XIII. p. 265.

Schrank, Bonnet, Rudolphi und De Candolle die Einsaugung gewisser in der Luft, der Erde und dem Wasser enthaltenen Flüssigkeiten als die hauptsächlichste angesehen, geleitet durch die Wurzelhaare, und Bonnet's Angaben, wonach die untere, vorzugsweise (?) mit Haaren besetzte Blattfläche vorzüglich einsauge, überdies durch die oben bereits angegebenen Gründe Schrank's, Rudolphi's u. A. verstärkt. Andere Botaniker, Sprengel, Kieser, Link, Duhamel, Moldenhawer, Sennebier haben den Pflanzenhaaren die Aussonderung eigener in der Pflanze bereiteter Flüssigkeiten zugeschrieben. Ausser dem bereits bei den betreffenden Abhandlungen erwähnten sind die Drüsenhaare, sowie einige kegelförmige Haare als Beweisgründe angeführt. Eble's Ansicht ist die, dass einige Haare zur Einsaugung, andere zur Absonderung gewisser Flüssigkeiten dienen, und er hat damit, allerdings unbewusst, so ziemlich das Rechte getroffen. — Zu den Nebenverrichtungen werden gezählt: 1) Schutz und Bedeckung zarter Theile. Daher die jüngsten und zartesten Theile immer behaart. Ebenso mögen die steifen Haare und Borsten zum Schutze gegen Thiere dienen; hauptsächlich werden sie wohl aber gegen die Kälte schützen, denn gerade die meisten Pflanzen in kalten Gegenden sind behaart. Insbesondere halten die weichen, langen und krausen Haare um die zarten Organe herum eine gefangene Luftschicht zurück (De Candolle) und hindern so gleich den Thierpelzen das Durchdringen der äusseren Temperatur. Auch gegen die äussere Feuchtigkeit schützen die Haare, wie man denn bemerkt, dass stark behaarte Blätter trocken bleiben, auch wenn man sie in Wasser taucht.*) Auch spricht das dafür, dass die meisten haarlosen Pflanzenflächen durch irgend eine andere Vorrichtung, z. B. Wachs, klebrige schleimige Stoffe etc., geschützt sind, dass endlich viele Haare zum Schutze gegen Insecten dienen,**) dies zeigt sich besonders bei Labiaten, wo der Eingang zur Blumenröhre meist durch Haare vertheidigt wird, noch auffallender aber bei den steifen Haaren.

---

*) Durchaus nicht immer (Lupinus, Trifolium etc.).

**) Sollten sie da nicht weit eher der Erleichterung der Pflanzenbefruchtung durch Insecten dienen, als zum Schutze gegen diese Thierchen? Den grösseren Insecten, also gerade solchen, welche am meisten die Blumen aufsuchen, gegenüber wäre dieser Schutz ohnehin unzureichend.

2) Die durch ihre Stellung bedingte Erleichterung des Befruchtungsprocesses (Viola). Auch sollen sie ein Oel (?) zur Aufnahme des Pollens absondern und sicherlich zur Verbreitung der Samen dienen (Galium, Bidens, Verbesina, Cynoglossum etc.), nicht selten auch zur Vermehrung der Oberfläche der Geschlechtstheile (Vicia). 3) Das Rauhmachen der Pflanzenoberfläche, theils zum Schutze, theils um die Reibung mit anderen Gegenständen zu vergrössern (Humulus) und so ein Klettern etc. zu erleichtern.

Die von Eble (Unger) als krankhafte Ausartungen der Haare (Erineum) beschriebenen Gebilde gehören neueren Untersuchungen nach nicht hierher.

Bei den Haarbildungen an pflanzlichen Afterorganismen findet Eble Folgendes: 1) Dass sich fast auf allen Gattungen von Pflanzenauswüchsen an der äusseren Oberfläche Haare entwickeln. 2) Dass diese Haare von verschiedener Form und zwar von der einfachsten bis zur entwickeltsten vorkommen. 3) Dass die Pflanzenauswüchse besonders in ihrer Jugend, gleich anderen Pflanzentheilen, behaart erscheinen. 4) Dass endlich die Entwickelung der Haare an pflanzlichen Afterorganismen nicht lediglich von der Behaarung der gesunden Pflanzentheile, woraus jene hervorgehen, abhängt, obwohl sie zum Theile davon bedingt sind.

Die einfachste Form der Pflanzenauswüchse ist die Zapfenrose (squamatio). Meist bleibt da die normale Behaarung auch in der krankhaften Umbildung der betreffenden Theile sich so viel wie möglich gleich (Salix Helix, Quercus uncinata, Salix alba, Genista germanica, Echium vulgare etc.). Oft sind indess die Zapfenrosen behaart, während die normal gebildeten Theile, auf denen sie vorkommen, sonst glatt sind (Salix triandra, Sisymbrium sylvestre, Asperula cynanchica etc.). Am sonderbarsten sind die Zapfenrosen bei Artemisia campestris.

Die zweite Form sind die Verkrüppelungen (peromata), sie sind indess seltener mit krankhaft erzeugten Haaren besetzt, sondern wenigstens oben unbehaart und glatt.

Die Fleischzapfen (folliculi carnosi) sind kleine, warzenförmige, innen hohle Geschwülste an der Blattoberfläche. Sie sind meist mit kleinen dichten Haaren sammtartig überzogen (Tilia europaea, Acer campestris und platanoides, Alnus glutinosa, Carpinus Betulus, insbesondere aber Fagus sylvatica).

Die Sackgeschwülste (bursae) sind von den vorigen nur durch ihre Grösse verschieden. Sie sind, besonders im unentwickelten Zustande, mit Haaren überzogen (Ulmus campestris); manche sind indess glatt (Buxus sempervirens, Pistacia-Arten etc.).

Die Fleischgewächse (sarcomata) sind im vollkommenen Zustande selten oder gar nicht behaart, andere (Verbascum, Teucrium, Scrophularia) folgen darin der Natur ihrer Pflanze.

Die Gallen (gallae) sind entweder glatt oder behaart, manche sogar mit Sternhaaren bedeckt.

Zu erwähnen wäre noch, dass Eble 3 neue Haarformen, die spinnewebförmigen (Sempervivum arachnoideum), die keulenförmigen (Antirrhinum, Linaria, Euphrasia an den Blüthen) und die Büschelhaare (Lavatera micans) aufstellt. Es fallen dieselben indess nur in die bereits von Guettard und Schrank beschriebenen Haarformen. Die Abbildungen, welche Eble seiner Arbeit beigiebt, sind zum Theile recht gelungen (Taf. I. 2, II. 15, III. 18. 22, IV. 27. 29), zum Theile gänzlich verfehlt (II. 14, III. 21. 24 etc.), ein sichtbares Streben zum Besseren überall zu erkennen.

Krocker*) bezeichnet die Haare als Körper, welche aus einer oder mehreren gestreckten Zellen zusammengesetzt sind und über die Epidermis hervorstehen. Spiroiden gehen nach ihm nie (?) in sie über, auch haben sie keinerlei Oeffnung.

De Candolle**) erwähnt, dass die Drüsen auf den Haarspitzen von Cicer arietinum eine saure Flüssigkeit aussondern, die man (Vauquelin und Deyeux) für ein Gemisch von Aepfel-, Klee- und Essigsäure oder für Aepfel- und Essigsäure allein hält.***) Die Haare von Rhus glabrum sollen fast reine Aepfelsäure aussondern.†)

Dutrochet††) glaubt, die Höhlung des Haares stehe mit den Lufthöhlen des Blattparenchyms in Verbindung oder sei nur eine Fortsetzung derselben (!).

---

*) Krocker, H., De plantarum epidermide observationes. Vratislaviae 1833. p. 20—21.

**) De Candolle, A. P., Pflanzenphysiologie. Uebersetzt von Roeper. Stuttgart 1833. II. Band. S. 190.

***) Dulong, Journal de pharmacie. 1826. p. 111.

†) Cozzens, Annales of the lyceum of New-York. I. p. 43.

††) Dutrochet, Annales des sciences naturelles. Tom. XXV. p. 248.

Personne*) schrieb über die Absonderungen des Hopfens, Bowmann**) beschrieb die keulenförmigen Papillen in den Höhlungen der Schuppen von Lathraea squamaria und bildete dieselben ab.

Treviranus***) beschreibt recht ausführlich die Sternhaare in den Lufthöhlen der Nymphaeen. Er beobachtete dieselben auch im Stengel von Myriophyllum spicatum. Sie sitzen da auf beiden Seiten der verticalen Scheidewände der Lücken in ziemlicher Anzahl und schienen ihm den Pollen (!) einiger Malvaceen oder den Samen (!) gewisser Laubmoose am schicklichsten vergleichbar. Die von Kieser†) angegebenen kopfförmigen Haare in den Lufthöhlen der Calla aethiopica konnte er nicht auffinden. Die gegliederten (mehrzelligen) Haare sind nach ihm als fibröse Röhren (!) anzusehen und den Gramineen mit Ausschluss aller anderen Haarformen eigen.

Die bereits erwähnten Ansichten von Dutrochet, Krocker und Bischoff sucht er zu widerlegen und geht dann auf das Vorkommen der Pflanzenhaare über. Da zeige es sich denn, dass junge Blätter mehr Haare hätten als alte, die oberen Theile der Pflanzen mehr als die unteren (?), fleischige Gewächse weniger als trockene, wild wachsende mehr als cultivirte (?), auf Bergen, im Sande oder an sonnigen Standorten gewachsene mehr als solche, die in der Ebene, im Schatten oder auf fettem Boden vegetiren. Auswüchse an Zweigspitzen, von Insectenstichen hervorgebracht, seien meistens behaart (Veronica Chamaedrys, Thymus Serpyllum, Galium verum). Sternförmige Haare hätten meist Pflanzen an sehr trockenen Standorten (Draba, Alyssum, Statice etc.). Nie kämen Haare auf stets unter Wasser bleibenden Theilen von Wasserpflanzen vor. Nur sehr selten seien sie blos auf der Oberseite der Blätter vorhanden (Begonia argyrostigma).

Bezüglich der Bestimmung der Haare schliesst sich Treviranus der Meinung (De Candolle) an, dass sie ein Hinderniss der

*) Personne, S., Annales des sciences natur. IV. Serie. Tom. I. p. 299.

**) Bowmann, Transactions of the Linnean society. Tom. XVI. p. 399. Tab. 22.

***) Treviranus, L. C., Physiologie der Gewächse. I. Band. Bonn 1835. S. 134 ff. 478 ff. II. Band. 1838. S. 10. 344 ff.

†) l. c. Taf. II. Fig. 22. 23.

Ausdünstung seien. In der That sehe man auch an verfilzten Blättern nur geringe Ausdünstung, während sie doch sehr stark sein sollte, falls die Haare ihr dienten. Zudem habe die Anatomie noch keinen Weg gezeigt, auf welchem Flüssigkeiten aus dem Parenchym in die Haare übergehen könnten, um hier auszudünsten.*) Doch dürfe man De Candolle's Ansicht nur mit Einschränkungen annehmen. Die Wurzelhaare, welche den oberirdischen völlig gleichen, könnten so wenig zur Ausdünstung dienen, als dagegen schützen, dasselbe lasse sich von denen sagen, welche die noch in der Knospe eingeschlossenen Blätter bedeckten.**) Man müsse daher zu Malpighi's Idee zurückkehren, dass nämlich die Haare an jugendlichen Theilen die Bestimmung hätten, einerseits sie vor den Wirkungen der Atmosphäre und des Lichtes zu schützen, andererseits das Uebermaass der Säfte aus ihrem Zellgewebe aufzunehmen, abzuleiten und auszuführen: dass aber ihre Anwesenheit in ausgebildeten blattartigen Theilen, wo sie in der Regel völlig saftlos sind (?), sich blos auf die schützende Wirkung beschränke. Auf diese Art erklärt sich auch Treviranus ihr gewöhnliches Vorkommen, da ja die unteren Blatttheile, die Blattnerven und die Blattränder von allen Theilen die in der Knospe am meisten blosgelegten sind.

Die Drüsen gehören nach ihm nicht der Oberhaut an, sondern vielmehr dem darunter gelegenen Parenchym, welches auch wohl da, wo eine Drüse aufsitzt, in Form eines spitzen Hügels sich erhebt. Auch sind sie da, wo sie über die Oberfläche hervortreten, nicht mit der Epidermis überzogen (?).

Meyen***) lässt die Haare und gestielten Drüsen durch Auswachsen von Papillen entstehen; die Haare sind entweder gegliedert oder ungegliedert; letztere sind nur Auswüchse der Zellwände (?) der Epidermis, ihre Länge mag noch so bedeutend sein wie möglich. Bei den gegliederten Haaren wächst die zweite Zelle aus der

*) Die Anatomie allerdings nicht, wohl aber die Physik in der Endosmose und Exosmose.

**) Rein theoretisch genommen ist das unrichtig. Verdunstung ist da überall möglich und wahrscheinlich.

***) Meyen, F. J. F., Ueber die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Gekr. Preisschrift. Haarlem 1836. S. 70. Tab. II. V.

ersten, welche die Basis bildet, ganz auf dieselbe Weise hervor, wie das Wachsthum bei den gegliederten Conferven geschieht. Kommt am Ende des gegliederten Haares noch eine Drüse zum Vorscheine, wie z. B. bei Primula sinensis, so schwillt nach einiger Zeit die letzte Zelle des Härchens zu einer breit zusammengedrückten Blase an, welche später aufspringt (?) und so eine becherförmige Zelle bildet (?), aus deren Innerm ein klebriger Saft ausgesondert wird. Meyen glaubt, die Haare dienten zur Einsaugung von Flüssigkeit, wenn auch in vielen Fällen noch zu anderen Zwecken, z. B. zum Stiele kleiner Drüsen. Auch als Absonderungsorgan kämen sie vor (Dictamnus). Alle diese Umwandlungen der Haare finden nach ihm erst im späteren Alter der Pflanzen statt; in der Jugend enthalten sie sehr viel Zellsaft. — Die Sternhaare in den Lufthöhlen der Nymphaeen, sowie die eigenthümlichen Schläuche unter der Oberhaut beschreibt Meyen ausführlich und bildet sie auch ab, desgleichen die ähnlichen bei Hakea nitida. Die von Mirbel angegebenen haarförmigen Organe bei Myriophyllum weist Meyen als Drusen oxalsauren Kalkes nach und bildet sie ab. Er erklärt sich ihr Auftreten dadurch, dass er annimmt, die Luftcanäle seien früher mit Flüssigkeit erfüllt gewesen, welche eben diese krystallisirten Substanzen aufgelöst enthalten habe, doch glaubt er es auch möglich, dass sie von einzelnen Zellen ausgeschwitzt werden, wie er ähnliches*) bei Lathraea squamaria beobachtete und Bowmann abbildete. Auch Kieser's gestielte Drüsen in den Luftcanälen der Calla aethiopica läugnet er.

Raspail**) theilt die Haare in blasige, gespitzte, abgeplattete, einfache, sternförmige, fingerförmige, gegliederte etc. Auch die Drüsen sind in eine grosse Reihe von Abtheilungen gebracht und die vielfachsten Conjecturen über ihre Entstehung und Ausbildung aufgestellt. Seine Ansichten haben verdienterweise keine Beachtung gefunden, die Abbildungen des künstlerisch sehr reich ausgestatteten Atlasses sind, was die Haare betrifft, durchweg schlecht und unbrauchbar.

*) Flora 1828.

**) Raspail, F. V., Nouveau système de Physiologie végétale. Paris 1837. 2 Tom. av. 60 Tab. — p. 89 etc. Tab. III. XXVI. etc.

Das seither bedeutungsvollste Buch über Haargebilde hat Meyen*) geschrieben, wenn auch eine gewisse Oberflächlichkeit in der Behandlung sich durch die ganze Arbeit zieht und insbesondere in den Abbildungen ihren Ausdruck findet. Die Haare sind ihm Secretionsorgane, eine Eintheilung derselben nach ihrem Baue könne indess bei den geringen Structurverschiedenheiten derselben nicht stattfinden, man müsse die Verschiedenheit der Secrete als Eintheilungsprincip ergreifen, doch habe auch das seine Schwierigkeiten, nachdem ein und dasselbe Organ in verschiedenen Entwickelungsperioden auch verschiedene Stoffe absondere. Als Drüsen bezeichnet er Zellen, bald einzeln stehend, bald in mehr oder weniger grossen Massen zusammengehäuft, welche die verschiedenartigsten Stoffe absondern; bald liegen sie im Innern des Gewebes der Pflanzen, bald ragen sie über die Oberfläche desselben hervor und diese letzteren sind es, welche man vorzüglich als Drüsen bezeichnete. Seine Eintheilung ist folgende:

I. Aeussere Drüsen.
- a) einfache,
  - α) gestielte,
  - β) ungestielte,
- b) zusammengesetzte Drüsen.

II. Innere Drüsen.

Für uns kommen nur die äusseren Drüsen in Betracht. Von den einfachen sind die gestielten die Drüsenhaare der Autoren und wahre Secretionsorgane; die Drüse besteht aus 1, 2, 3 bis 4 Zellen,**) welche so zusammengestellt sind, dass sie zusammen ein sphärisches Köpfchen darstellen, welches am Ende eines mehr oder weniger langen, oft gegliederten Härchens sitzt; oft stellt es sich auch als ein am Ende keulenförmig angeschwollenes Härchen dar, das von einem ätherisch-öligen(?) Stoffe aufgetrieben ist. — Die Entstehung der Haare denkt sich Meyen folgendermaassen: Aus der Mitte der Membran(?) einer Epidermiszelle erhebt sich zuerst ein kleines Wärzchen, welches allmählig, oft sogar sehr

*) Meyen, F. J. F., Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. Gekr. Preisschrift. Berlin 1837. Mit 9 Tafeln.

**) Oft noch viel mehr, z. B. meine Taf. XXVI. Fig. 197, Taf. XXIX. Fig. 279. 280, Taf. XXX. Fig. 309. 311, Taf. XXXI. Fig. 355. 365. 368, Taf. XXXII. Fig. 404. 408 etc.

schnell in ein mehr oder weniger langes ungegliedertes Haar auswächst. Durch seitliche Auswüchse dieses einfachen Schlauches entstehen die oft vielfach verästelten aber ungegliederten Haare, wie sie Meyen z. B. bei Verbascum etc. angiebt.*) Die gegliederten (mehrzelligen) Haare entstehen ursprünglich ebenfalls durch Auswachsen der äusseren Wand der Oberhautzelle, aber sobald dieser Auswuchs eine gehörige Länge erreicht hat, bildet sich an seiner Spitze**) ein neuer Schlauch, und aus diesem, wenn derselbe gehörig ausgewachsen ist,***) ein dritter etc. Die oberste Zelle mehrzelliger Haare ist also auch die jüngste und der Zuwachs erfolgt keineswegs von der Basis aus.†) Wo diese aus mehreren Zellen besteht, sind dies Zellen, welche aus dem Parenchym hervorgehoben werden (?). Die Zellen der Gliederhaare führen oft Chlorophyll.

Wo gegliederte Haare kleine einfache Drüsen tragen (Primula sinensis,††) Taf. XXXI. 374), entwickelt sich diese aus der letzten Haarzelle. Diese Drüsen sondern meist ätherisch-ölige Stoffe ab, die aber sehr verschieden sind und daher verschiedene Farben der Drüsen bedingen. Ihr Zweck ist entschieden eine Stoffabsonderung und wenn dieser Stoff auch nichts Weiteres ist, als eine ausgehauchte wässerige Flüssigkeit, die bei allen Pflanzen in Begleitung der Respiration vorkommt. Es wird durch sie die Oberfläche der damit bedeckten Pflanzentheile oft um das 3—4fache vergrössert und somit die Ausdünstung des Wassers sehr befördert. Sobald die Pflanze älter wird und der Stoffwechsel nicht mehr so schnell vor sich geht, fallen diese Organe ab.†††) Die einsaugenden Wurzel-

*) Diess ist für Verbascum unrichtig, auch erhebt sich das junge Haar nicht auf der Membran der Epidermiszelle, sondern diese wächst als solche in ihrer Totalität zum Haare aus.

**) Nicht immer, häufig theilt sich die Spitzenzelle gar nicht mehr (Taf. XX. Fig. 11, Taf. XXIV. Fig. 137, Taf. XXV. Fig. 151, Taf. XXVIII. Fig. 242 etc.).

***) Unrichtig, fast immer vor dem völligen Auswachsen.

†) Diese Ansicht war freilich bisher die einzig anerkannte, da keine Beobachtungen für das Gegentheil sprachen, doch ist sie nicht richtig; sehr viele Haarformen wachsen, wie ich zeigen werde, vom Anfange an nur von ihrer Basis aus.

††) Ich beziehe mich im Folgenden stets auf meine hier mitgetheilten Zeichnungen und nicht auf die von Meyen.

†††) Sicher ist die Oberflächenvergrösserung bei jungen, daher kleinen Pflanzen ein Hauptzweck der Behaarung.

haare machen da natürlich eine Ausnahme. Die Absonderung der gewöhnlichen Pflanzenhaare besteht aber nicht nur in der Aushauchung von Wasserdampf, sondern es ist eine sehr häufig vorkommende Erscheinung, dass die Haare an ihren Spitzen eigenthümliche Stoffe absondern und diese Tropfen hat man oft für Drüsen angesehen (Salvia, Cistus, Cuphaea selenoides). Es muss daher nicht immer gerade die kleine Drüse sein, die oft an den Haarspitzen sitzt, welche absondert.*) Auch sind nicht selten mehrere die Drüse tragenden Haarzellen mit demselben Stoffe, wie die Drüsen gefüllt.**)

Die Drüsen, deren Köpfchen aus 2—4 Zellen besteht, gehen allmählig in die zusammengesetzten über, häufig bestehen die Haarköpfchen bei einer und derselben Pflanze bald aus 1, bald aus 2 Zellen (Gilia tricolor, Lathraea squamaria), manchmal aus noch mehr (Marrubium creticum). (Taf. XXIX. Fig. 269. 271 etc.) Am schwierigsten ist nach Meyen bei diesen Drüsen, welche aus zwei Zellen bestehen, die Bildung derselben zu erklären; sie geschieht so schnell und so früh, dass sie sich der Beobachtung bis jetzt entzogen hat. Es ist übrigens bestimmt, dass sich die aus zwei Zellen zusammengesetzten Drüsen ebenfalls so bilden wie die einzelligen, jedoch ist die Entstehung der Scheidewand noch nicht beobachtet worden. In manchen Fällen (Sinningia barbata) glaubt Meyen diese Zusammensetzung nur scheinbar und zwar durch auf der Wand der Drüsenzelle verlaufende Linien gebildet***) (Antirrhinum, Scrophularia etc.). Ueberhaupt ist kein durchgreifender Unterschied zwischen Drüsen mit einer oder mehreren Köpfchenzellen. Die kleine Drüse ist anfangs meist elliptisch, seltener kugelig oder linsenförmig, oft ist aber der Uebergang von einfachen zu zusammengesetzten Drüsen gerade in der Structur des Stieles zu beobachten, während das Köpfchen einzellig bleibt (Sempervivum, Tel-

---

*) Sicher nicht. Es ist daher die Bezeichnung der Köpfchenhaare als Drüsen oder Drüsenhaare eine ganz verfehlte.

**) Wohl nur die gerade unter dem Köpfchen stehenden Zellen (Taf. XXX. Fig. 344, Taf. XXXI. Fig. 368, Taf. XXXII. Fig. 398 etc.).

***) Sind in allen diesen Fällen keineswegs Linien, sondern factische Zellwände (Taf. XXX. Fig. 311, Taf. XXXI. Fig. 355 etc.).

lina, Taf. XXXI. Fig. 368—370).*) Nach allen seinen Beobachtungen theilt Meyen seine einfachen Drüsen ein: 1) in elliptische, 2) kugelförmige, 3) becherförmige, 4) hutförmige (T. XXVIII. F. 211, T. XXIX. F. 271, T. XXX. F. 311, T. XXXI. F. 355). Dabei fallen Guettard's Glandes et Filets à cupule, sowie seine Glandes globulaires meist unter Meyen's einfache, kugelige Drüsen. Er zeigt da unter Anderem, dass Guettard's (Mém. 1749, p. 368) Angabe von kugelförmigen Drüsen an den Kelchen mehrerer Thymus-Arten irrig sei, da diese angeblichen Drüsen nichts weiter als Sandkörner sind, welche in den feinen Rinnen der Kelchblätter festgehalten werden.

Die einfachen, ungestielten Drüsen Meyen's sind die Spaltöffnungen (Gl. miliaires *Guett.*).

Die zusammengesetzten Drüsen sind wie die einfachen nur aus Zellen gebildet, sie treten bald gestielt, bald ungestielt auf. Häufig sind sie in ihrem Innern hohl und die Höhlung mit einem Secrete der Drüse erfüllt (Dictamnus). Viele werden durch ein straffes, sehr feinmaschiges Zellgewebe gebildet. Meyen nennt sie Perldrüsen (Piper spurium, Pourouma guyanensis, Cecropia peltata) und unterscheidet ferner noch als hierhergehörig scheibenförmige Drüsen (Humulus, Ribes nigrum) und keulenförmige Drüsen (Galium, Rubia). (Taf. XXXI. Fig. 371.)

Ausführlich hat Meyen über die Brennhaare von Urtica, Loasa etc. gehandelt und dieselben, sowie die grossen Köpfchenhaare der Droseren ziemlich gut abgebildet, desgleichen die Haare von Dictamnus-Arten. Bei diesen letzteren Pflanzen geschieht die Absonderung des ätherischen Oeles durch 3 verschiedene Drüsen fast an allen Theilen der Pflanze, am stärksten an den Blumen. Vor Meyen waren nur die grossen, mit freiem Auge bereits sichtbaren bekannt. Bei der rothblühenden Art erscheinen sie roth, beim weisslich blühenden ungefärbt. Im Innern sind sie hohl und mit dem grün gefärbten ätherischen Oele gefüllt; sie werden durch eine einfache Zelllage gebildet, welche die Wand des ganzen Gebildes darstellt,

*) Bei Tellina grandiflora ist das Köpfchen nicht einzellig, wie es Meyen angiebt und abbildet, freilich sind die Zellwände nur schwer zu sehen des dichten Inhalts wegen.

gleichsam als wenn sich die Epidermis von den darunter liegenden Zellen erhoben und zu einer solchen Blase formirt hätte, wobei diejenige Zelle, welche die äusserste Spitze des Organes bildet, noch in einen haarförmigen Anhang auswächst. Man darf kaum zweifeln, dass das Oel im Innern von den Zellen abgesondert wird, welche die Wand des Gebildes darstellen, denn die Zellen unter der Basis des Haares verhalten sich wie die übrigen Parenchymzellen. In warmen Sommern sind die Drüsen so voll, dass sie bei Annäherung eines Lichtes sogleich platzen und dann entzündet sich das hervortretende Oel. Neben diesen grossen Drüsen sitzen kleinere, ebenfalls ein wohlriechendes Oel secernirende; ob sie hohl sind oder nicht, konnte Meyen nicht entscheiden, doch glaubt er, dass sie frühere Entwickelungsstufen der grossen Drüsen sind (?).

Die Abbildungen, welche Meyen auf 9 Tafeln dieser seiner an Ideen und Beobachtungen reichen Schrift beifügte, sind, was die Contouren betrifft, meist ganz vortrefflich. Leider hat der Zellinhalt gar keine Berücksichtigung gefunden und die Zusammenfügung der einzelnen Zellelemente complicirterer Haare (seine Taf. II. Fig. 10—17 etc.), sowie die Structur der Köpfchen (Taf. I. 8—13, II. 21—23, 33—37, V. 29—31, VI. 10—14 etc.) ist fast durchgehends gänzlich verfehlt, desgleichen die jüngeren Stadien. Auch auf die verschiedene Verdickung der Zellhaut u. s. w. ist nicht die geringste Rücksicht genommen, so dass dermalen fast alle Figuren unbrauchbar geworden sind und auch zu ihrer Zeit höchstens über die Gestalt, keineswegs über den Bau der Pflanzenhaare Aufschluss geben konnten. Sie wurden indess ausserordentlich häufig in den Schriften Anderer copirt.

In seinem Hauptwerke*) hat Meyen ebenfalls manche interessante Thatsache den von ihm bereits gefundenen beigefügt; ich erwähne hier eben nur diese.

Die Sternhaare in den Luftlücken der Nymphaeen entstehen durch Auswachsen der Wände einzelner Zellen, welche die Luftcanäle einfassen, wobei aber vorher eine sehr bedeutende Verdickung der Wände dieser Zellen stattfindet, welche dann zugleich

*) Meyen, F. J. F., Neues System der Pflanzenphysiologie. I. Band. Berlin 1837. S. 310 ff. II. Band. 1838. S. 464 ff. 480 ff.

von einer Tüpfelung ihrer Membran begleitet ist. Die Zellen, welche in solche getüpfelte Haare auswachsen, sind immer in den Wänden gelagert, welche 2 oder 3 benachbarte Luftcanäle von einander trennen. Am auffallendsten ist ihr Vorkommen in der dichten, grüngefärbten Substanz unter der Epidermis der oberen Blattfläche von Nymphaea alba. Dort sitzen in regelmässigen Entfernungen dickhäutige cylindrische Schläuche, die ebenso wie die genannten Haare getüpfelt sind und bis in die Lufthöhlen verlaufen, wo die Enden dieser getüpfelten Haare mehr oder weniger lang auswachsen, auch sich verästeln. Er glaubt, diese Schläuche dienen der Respiration, da er bei den Spaltöffnungen der Pflanze keine Athemhöhlen finden konnte, desgleichen keine Intercellulargänge im Mesophyll. Meyen fand diese Schläuche auch bei Hakea-Arten in den Blättern. Da sind sie aber ungetüpfelt und kommen auf beiden Blattseiten vor, wo sie von der Epidermis nach der Mitte verlaufen.

Zu den in seinen Secretionsorganen aufgezählten Arten der einfachen gestielten Drüsen fügt Meyen noch die taschenförmigen (Antirrhinum majus, Taf. XXX. Fig. 311),*) geflügelten (Lysimachia vulgaris, Taf. XXIX. Fig. 257), wo die 2 Zellen des Köpfchens am unteren Theile verwachsen sind, oben aber aus einander gehen, kreuzförmigen (Urtica, Taf. XXVIII. Fig. 236, Taf. XXIX. Fig. 288, Taf. XXX. Fig. 306),**) gebildet aus 4 kleinen unregelmässig über's Kreuz gestellten kleinen Zellen, welche um die Spitze des Stielchens gelagert sind, und die blasenförmigen Drüsen (Chenopodium, Taf. XXVI. Fig. 198; Tetragonia, Mesembryanthemum etc.), gebildet aus blasenförmig angeschwollenen einzelnen Zellen, welche auf kurzen Stielchen sitzen.

Oft ist die Absonderung der Drüsen eine sehr beträchtliche, bei Primula sinensis (Taf. XXXI. Fig. 374) z. B. platzen sie oft und nehmen die Form eines regelmässigen Bechers an, aus dem einige Zeit hindurch eine ätherisch-ölige Flüssigkeit ausfliesst.***)

*) Sind becherförmige Köpfchenhaare und diese Bezeichnung ist unstreitig die passendere.

**) Nichts weiter als 4zellige Glandeln.

***) Nicht richtig, Meyen's abgebildete Haare zeigen eben nur die ersten Stadien collabirender Köpfchen.

Die keulenförmigen Drüsen, sowie die blasenförmigen sondern ihre Secrete nicht nach aussen ab, überhaupt bemerkt man an den abgesonderten Stoffen der letzteren Drüsen keine so grosse Abweichung in Hinsicht ihrer chemischen Zusammensetzung von den übrigen Säften der Pflanzen, als dies bei den anderen Drüsen der Fall war.

Die Brennhaare sind vollständige Zellen, deren unteres Ende stark bulbusartig angeschwollen und von Aussen von einer Lage chlorophyllführender Zellen bekleidet ist, so dass der Bulbus auf und in einem mehr oder weniger grossen Stiele befestigt erscheint. Bei Loasen fehlt diese bedeckende Schicht ganz, der Bulbus des Brennhaares ist da nur mit seiner Basis auf der Pflanzenoberfläche befestigt. Oft ist die Ausdehnung des Bulbus so stark, dass sich die Zellen der umschliessenden Hülle an verschiedenen Stellen von einander trennen und die darunter liegende Haut alsdann frei wird. Bei einigen Jatropha-Arten sitzen sie auf der Oberfläche der Rippen und sind mit ihren Spitzen viel stärker geneigt, ihr Bulbus ist nur an der Basis und zur Seite von der umhüllenden Zellenlage eingeschlossen. — Die Spitze trägt ein Köpfchen, entweder seitlich (Urtica, Loasa), oder gerade aufsitzend (Jatropha), auf der convexen Seite der Biegung hat es einen kleinen Tüpfelcanal in der Substanz der Membran. Sticht man sich, so bricht das Köpfchen ab, bleibt in der Wunde und es fliesst eine Portion des ätzenden Saftes aus dem Brennhaare in dieselbe — daher das sogenannte Brennen.

Zwischen den einfachen Drüsen und den zusammengesetzten kommen zahlreiche Uebergänge vor; oft besteht die Drüse aus Einer Zelle, der Stiel aus mehreren Zellreihen (Saxifraga punctata), bald ist die Drüse zusammengesetzt und der Stiel ein einfaches Härchen (Sanguisorba carnea), (Taf. XXVI. Fig. 197, Taf. XXIX. Fig. 279, Taf. XXX. Fig. 309). Von den im Innern hohlen zusammengesetzten Drüsen führt Meyen folgende auf: 1) Die scheibenförmigen (Humulus Lupulus,* Ribes nigrum). Scheibenförmig, mit kurzem nabelförmigem Stiele auf der unteren Fläche. Sie werden aus einer einfachen Haut gebildet, die aus kleinen, tafelförmigen, gelb gefärbten Zellen besteht. 2) Die mützenförmi-

---

*) Diese Scheibendrüsen gehören streng genommen nicht hierher.

gen Drüsen (Dictamnus). Gebildet aus einer einfachen Haut, die aus kleinen Zellen zusammengesetzt ist, welche man als eine Fortsetzung der Epidermis ansehen kann und deren oberste Zellen in eine haarförmige Spitze auswachsen. 3) Die keulenförmigen (Galium Aparine), (Taf. XXXI. Fig. 371). Zusammengesetzte Drüsen ohne Höhlung im Innern sind: 1) Die gegliederten Drüsen (Taf. XXX. Fig. 309). Sie bilden den Uebergang von den einfachen Drüsen zu den zusammengesetzten. Die einfachste Form derselben (Bryonia alba, Taf. XXXII. Fig. 390) sind kleine Härchen, deren letzte 4—5 Zellen etwas blasenförmig angeschwollen sind, und perlenförmig an einander gereiht. Dieselben sondern etwas Klebriges nach der Oberfläche aus. Bei Sanguisorba carnea ist wohl der Stiel noch einfach, doch die Drüse eine grössere Zellanhäufung; in jeder Zelle ein ungefärbtes Kügelchen eines haarzigen Stoffes (Taf. XXVI. Fig. 197, von Nicotiana rustica). 2) Die Perldrüsen*) (Begonia, Piper, Cecropia). Mehr oder weniger grosse, kugelige, wasserhelle Körperchen — nadelkopfgross — durch einen äusserst feinen Stiel an der Pflanzenoberfläche befestigt. Sie bestehen aus grossen, äusserst zarthäutigen Zellen, gefüllt mit einer wasserhellen Flüssigkeit von salzig-süssem (?) Geschmacke; in jeder Zelle ein grösseres rundes Kügelchen, das sich in kochendem Alkohol löst und aus Harz zu bestehen scheint. Im Alter platzen sie, doch entstehen neue durch Anschwellung und Theilung der äussersten Zellen, welche die Spitze der zusammengesetzten Härchen bilden, die sich aus den Epidermiszellen solcher Pflanzen entwickeln, welche derartige Perldrüsen haben. — Die nachfolgenden Drüsen haben eine festere Structur und die meisten eine anhaltend starke Secretion nach aussen; sie sind gestielt oder ungestielt. Von ungestielten führt Meyen auf: 1) Die linsenförmigen Drüsen (Nepenthes), aus straffem, braunem Zellgewebe bestehend und von linsenförmiger Gestalt. Von gestielten Drüsen: 1) Die warzenförmigen (Robinia viscosa, Taf. XXXI. Fig. 371; Rosa centifolia, Taf. XXXI. Fig. 382).**) Mehr oder weniger grosse

*) Auch die Perldrüsen können den eigentlichen Haaren nicht zugezählt werden. Ich gedenke diese Gebilde später mit den Schuppen etc. gesondert zu behandeln, sobald ich die bereits gemachten Beobachtungen vervollständigt habe.

**) Fallen wohl mit den keulenförmigen Drüsen Meyen's völlig zusammen.

Köpfchen von einem sehr kleinmaschigen festen Zellgewebe, welches einen sehr klebrigen harzigen Stoff nach aussen absondert. Sie entstehen (Robinia) auf der Oberfläche von jungen Stengeln aus kleinen, warzenförmigen Auswüchsen, welche allmählig immer mehr über die Epidermis hervorragen. Erst wenn sie eine gewisse Grösse erreicht haben, beginnt die Absonderung.

Noch nennt Meyen die grossen zusammengesetzten Drüsen (Rosa, Drosera, Rubus etc., Taf. XXVII., von Ribes Grossularia). Sie haben mehr oder weniger lange Stiele, welche öfters (Drosera, Nepenthes, Cassia etc.) sogar Spiralgefässe enthalten, die auch in die drüsigen Körper hineingehen. Die Drüse sitzt in Gestalt eines Köpfchens darauf, ihr Zellgewebe ist dichter als das des Stieles.*)

Später hat Meyen**) noch die Entwickelung der Haare bei Ficus elastica gegeben, seine Abbildungen dazu sind jedoch im höchsten Grade unvollkommen, zum Theile gänzlich falsch.

Schulz***) arbeitete über die Wasser absondernden Drüsen von Nepenthes destillatoria.

Brongniart†) hat über die sogenannten Sammelhaare der Campanulaceen geschrieben. Sie sind, wie man früher glaubte, hinfällig und es blieben nach Abstäubung des Pollens nur kleine Erhabenheiten zurück (Cassini, Sprengel, De Candolle). Brongniart zeigte indess, dass dies nicht der Fall sei, sondern dass sich die Haare etwa wie Tentakeln oder Annelidenhaare in sich selbst einstülpen. So lange der Pollen noch nicht abgestäubt ist, erscheinen sie als einzellige Verlängerungen der Oberhaut. An der Basis dieser Haare erstreckt sich eine Höhlung in das Innere des Gewebes, erfüllt mit demselben Inhalte wie das Haar. Gleich nach dem Aufbrechen der Blüthen beginnen sie an der Basis sich einzustülpen und ziehen da oft die Pollenkörner mit sich. Brongniart glaubt, die Ursache dieser Retraction liege in der Resorption der Flüssigkeit, welche die Höhlung unter dem Haare erfüllt. — Die

*) Nicht immer, z. B. Ribes Grossularia, Taf. XXVII. Fig. 199.

**) Meyen, F. J. F., Müller's Archiv 1839. S. 255 ff.

***) Schulz, C. H., Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Freiburg 1838. I. Sitzung.

†) Brongniart, A., Note sur les poils collecteurs des Campanules. Annales des sciences natur. II. Sér. Tom. XIII. 1839. p. 244. Tab. IV.A.

der Arbeit beigegebenen Abbildungen sind naturgetreu und gut ausgeführt.

Decaisne*) beschreibt die Structur der Pericarphaare gewisser Compositen. Bei Ruckeria sind sie keulenförmig, perlmutterglänzend und zeigen einen Längsstreifen, der sie in 2 Hälften theilt. Bringt man diese Haare in einen Wassertropfen, so theilen sie sich oben in 2 Lappen und entlassen 2 Stränge (aus jeder der 2 Hälften einen) einer mucösen Materie, die sich mannigfach spiralig krümmen und schliesslich weitaus länger wie das Haar werden. Diese Stränge scheinen aus einer Unzahl Fäden gebildet, die wie bei einem Strähne Zwirn über und neben einander liegen. Im Moment des Berstens der Haare sieht man in jeder der 2 Hälften zwei völlig undurchsichtige, an beiden Enden verschmälerte Körper. Die Entleerung erfolgt theils an der Basis, theils an der Spitze. Auch bei Trichocline, Euryops lateriflorus und bei Mesogramma bemerkte Decaisne dasselbe Phänomen. Bei Doria cluytiaefolia sind die Haare ausserordentlich zart und dünn. Sie werden da gebildet durch 2 nachenförmige, an einander liegende Hälften und entlassen ebenfalls 2 sehr feine mucöse Stränge, desgleichen Oligothrix gracilis *DC.* Die Haare von Mesogramma spalten sich dabei ihrer ganzen Länge nach und bleiben nur an der Basis beisammen. — Die Abbildungen sind schlecht.

Korthals**) beschrieb die Haare der Droseren, ohne neuer Thatsachen zu erwähnen, Morren***) erwähnt, dass Passiflora quadrangularis am Stiele der Bracteen 2—3 Paar netzförmiger Drüsen besitze, die eine klebrige Flüssigkeit absondern, desgleichen 4—6 stärkere am Blattstiele. Nach ihm sind sie nichts anderes als metamorphosirte Blätter.

Wilson†) hat wie Brongniart, nur weit oberflächlicher, über die Sammelhaare der Campanulaceen gehandelt. Er glaubte (wie

---

*) Decaisne, J., Sur la structure des poils, qui couvrent le péricarpe de certaines Composées. Annales des sciences natur. 1839. II. Sér. Tom. XIII. p. 251 ff. Tab. IV. B.

**) Korthals, Bull. des sciences en Néerlande par Miquel, Mulder et Wenkebach. Rotterdam 1839 p. 49 ff.

***) Morren, Ch., Bullet. de l'acad. royale des sciences de Bruxelles. 1842. Tom. IX. p. 202 sq.

†) Wilson, W., The London journal of botany by Hooker. 1842. Vol. I. p. 601. Tab. XX. B.

Hartig), eine Oeffnung oben an der Spitze der Haare zu sehen, durch welches das Pollenkorn in's Innere gelange und sich dann in eine längliche, zwischen den Haaren auf der Oberfläche des Griffels schief nach innen und unten gerichtete Höhlung oder Zelle begebe und dass auf diese Weise die Befruchtung vor sich gehe (?), welche hier gewiss nicht durch die Narbe vermittelt werde. Angestellt wurden die Beobachtungen an Campanula rotundifolia und rapunculoides.

Karsten*) giebt eine Entwickelung der Köpfchenhaare von Holosteum umbellatum und den Bau eines Borstenhaares von Urtica urens; bei Palmen hat er auch über die Functionen der Haare gehandelt (Ges. Beitr. S. 107); eine Gasart, die durch Ammoniak nicht absorbirt wird, sammelt sich zwischen den Filzhaaren der Oberfläche, so dass die Vermuthung nahe liegt, sie dienten als Sammler und Ueberträger der durch die Atmosphäre dargebotenen Nahrungsstoffe. Der Zellsaft älterer Haare wird durch Kohlensäure ersetzt.

Kippist**) entdeckte das Vorkommen von Spiralfasern in den Samenhaaren von Acanthaceen. Nach ihm sind die Samen von Acanthodium spicatum *Del.* gegen den Rand hin mit weisslichen Haaren bedeckt, welche dicht anliegen und deren Spitzen zusammenkleben, so dass sie eher Falten der Samenhaut, als gesonderten Haaren gleichen. Unter Wasser werden diese Haare frei und breiten sich nach allen Richtungen aus. Man sieht deutlich, wie sie aus langen, cylindrischen, durchsichtigen Röhren bestehen, welche beinahe bis zur Hälfte ihrer Länge je zu 5—20 zusammenhängen. Jede dieser Röhren enthält 1—2, seltener 3 Spiralfasern. Von ähnlicher Beschaffenheit sind die Haare an den Samen von Blepharis boërhaviaefolia, B. molluginifolia und B. rubiifolia, ferner von vielen Ruellia-Arten, überdies von Hygrophila salicifolia, quadrivalvis, obovata, phlomoides und radicans, von Dyschoriste cernua, littoralis, von Aechmanthera tomentosa, Strobilanthes, Stenosi-

---

*) Karsten, H., De cella vitali. 1843. Tab. I. Fig. 13. Poggendorff's Annalen 1863. Taf. VI. Fig. 1. 2. 3. Gesammelte Beiträge Taf. I. II. Brieflichen Mittheilungen zufolge hat Karsten auch die Entwickelung der Köpfchenhaare von Anagallis arvensis beobachtet.

**) Kippist, R., Transactions of the Linnean society of London. Vol. XIX. p. 65.

phonium, Dipteracanthus und Aetheilema. — Kippist's Beobachtungen sind unbekannt geblieben, so dass Kabsch (1863) das gleiche Phänomen an den Haaren des Samenschopfes der Asclepiadeen zum zweiten Male entdeckte.

Geleznoff*) hat zuerst die Entwickelung der Staubfadenhaare der Tradescantien zu geben versucht. Das Ausführlichere seiner Beobachtungen folgt bei den meinen über denselben Gegenstand.

Arendt**) hat über die Capillaractivität der äusseren Pflanzenintegumente eine sehr interessante Arbeit geliefert. Die erwähnte Eigenschaft besteht darin, dass verschiedene Pflanzen mittelst ihrer äusseren Bekleidung das sie umgebende Wasser in die Höhe, an den Stengel hinauf, ziehen, es über die benachbarten Theile, Blattstiele und Blätter verbreiten, und das an der Spitze derselben gesammelte Wasser wieder abtröpfeln lassen. Die Haare spielen dabei eine beträchtliche Rolle. Urtica urens hat nach ihm 2 Haarformen, eine feine kürzere und eine grobe längere Form. Die erste (am Blattstiele, Kelche, Stengel, nie aber an der Blattoberseite) steht auf einem schwachen Knötchen, ist conisch und umgebogen, so dass sie von der Mitte aus fast parallel dem Horizonte läuft. Sie ist durchsichtig, von dichtstehenden eckigen Hervorragungen rauh und füllt sich mit Wasser. Die zweite Form besteht aus 4 Theilen: a) der oberen conischen Spitze, b) dem rundlichen Knoten [auf welchen a) oft schief aufgesetzt ist] als Verbindungsglied mit c) der Basis und aus d) der blasigen durchsichtigen Erhebung der Epidermis als Unterlage; b, c, d bestehen aus Zellgewebe und sind mit Chlorophyll angefüllt. Uebrigens ist a) um $\frac{2}{3}$ länger als b und c zusammen genommen. Diese zweite Haarform steht sehr zerstreut und vereinzelt am Stengel und auf beiden Blattflächen. Urtica dioica hat die gleichen 2 Haarformen, nur ist da, wo bei U. urens die erste Form sparsam und dünn hingesät ist, oder gänzlich mangelt, dieselbe bei U. dioica in reichem Maasse vorhanden; und wo bei U. dioica die zweite Haarform sich sparsam

*) Geleznoff, N., Sur la génération et le développement de la fleur du Tradescantia virginica. Bullet. de la soc. imp. des scienc. natural. de Moscou. 1843. Tom. XVI. p. 19—50. Tab. I. u. II.

**) Arendt, J., Ueber die Capillaractivität der äusseren Integumente einiger Pflanzen. Flora 1843. S. 153 ff.

oder gar nicht vorfindet, da ist sie bei U. urens häufig auftretend. Noch grössere Capillaractivität zeigt Ballota nigra. Die Haare dieser Pflanze sind am Stengel und dessen Knoten rauh und uneben, durch 2 oder 3 Knötchen, gleich dem Halme der meisten Gräser, in verschiedene deutliche Internodialparthien abgeschieden und stehen im Verhältnisse zu ihrer Länge auf einem sehr schwachen Basilarknötchen. Am Blattstiele und der oberen Blattfläche sind diese Haare nur durchsichtiger und dicker Auch Leonurus Cardiaca und Ageratum coeruleum zeigen diese Activität in hohem Grade. Erstere Pflanze hat dicht gedrängte kurze Flaumhaare, letztere an Stengel, Blattstiel und Blättern Haare, welche durch 8—12 Querscheidewände in Fächer abgetheilt und junceenartig gegliedert sind, überdies auf einer etwas angeschwollenen Basis ruhen. Clinopodium vulgare und Betonica stricta zeigten höchst unvollkommene Capillaractivität. Ihre Haare sitzen auf einer kegelförmigen Basis und sind in 5—8 Gelenkstücke abgetheilt. Noch schwächer war sie bei Galeobdolon luteum und bei Galeopsis ochroleuca, desgleichen bei Scrophularia vernalis, welch' letztere Pflanze Köpfchenhaare trägt. Eine grosse Anzahl anderer untersuchten Pflanzen zeigten das Phänomen gar nicht. Was die Erklärung desselben betrifft, so lässt sie sich aus der Theorie der Haarröhrchen ableiten, indem die mehr oder minder dicht stehenden, längeren oder kürzeren Haare (die sich gegen den Horizont neigen, verfilzen und durch Anfüllen mit Wasser näher an einander rücken) äusserst geringe Zwischenräume lassen und so gleichsam enge Röhrchen bilden, die unter günstigen Umständen das Wasser eben so gut anziehen und in die Höhe treiben, als es Streifen ungeleimten Papiers, Dochte — kurz andere poröse Körper zu thun pflegen.

Unger*) bildet die Zuckerdrüsen von Acacia-Arten ab, und giebt an anderem Orte**) die Entwickelung der Haare an den Blättern von Syringa vulgaris. Er zeigt da, dass die Zwischenwände der sich vermehrenden Zellen jedenfalls ursprünglich einfach angenommen werden müssen. Die Zeichnungen sind sehr schön

*) Unger, F., Ueber die Zuckerdrüsen von Acacia-Arten. Flora 1844. S. 703 ff. und Taf. II.

**) Unger, F., Ueber das Wachsthum der Internodien von anatomischer Seite beobachtet. Botanische Zeitung 1844. S. 523 ff. und Taf. IV. Fig. 8.

und zum Theil in seinem neuesten Buche (Grundlinien der Anatomie etc. 1866) wiedergegeben.

Savi*) lieferte eine äusserst oberflächliche Arbeit über die Drüsen bei Chrysanthemum. Er nennt sie Genetosmi = Geruchserzeuger, und handelt weiter ohne alle Kritik oder selbstständige Beobachtungen von den Drüsenhaaren der Labiaten eben nur über das, was längst vor Meyen bereits bekannt war.

Auch Parlatore's**) Arbeit über die Anatomie der Aldrovanda vesiculosa ist ohne Bedeutung.

Schleiden***) bemerkt, dass die Blätter der Nymphaeen, so lange sie in der Knospe ruhen, mit langen seidenartigen Haaren bekleidet sind, die bei der späteren Entwickelung der Blätter abfallen. Diese Haare bestehen aus 3 oder mehreren länglichen, cylindrischen einfachen Zellen und einem Bulbus von 3—4 scheibenförmigen Zellen. Mit diesem Bulbus sind nun die Haare in den bekannten Grübchen der Nymphaeenblätter festgewachsen und die Reifen auf der inneren Fläche besagter Grübchen entsprechen den Fugen zwischen den scheibenförmigen Zellen des Bulbus. An der Basis desselben sah Schleiden fast immer eine Anzahl von Härchen, „als seien sie eine Art von Wurzel für denselben", doch giebt er nicht viel auf diese Beobachtung, da er nur ein sehr unvollkommenes Instrument besass.

Aehnliche in Grübchen sitzende Haare fand Schleiden auch bei Acrostichum alcicorne, sie bestehen da aus einer stets grün gefärbten Basalzelle und darauf einer sehr langen, cylindrischen, wasserhellen Zelle. Auch Peperonia peresciaefolia zeigt in sehr tiefen, trichterförmigen Grübchen der Oberhaut ein Haar, welches aus zwei Zellen besteht, einer sehr kleinen bauchig-cylindrischen und einer völlig kugeligen, der die vorige zum Stiele dient. Die beschriebenen Formen sind von Schleiden sämmtlich gut abgebildet.

An anderem Orte†) erwähnt er, dass die Papillenbildung der

*) Savi, P., Die Drüsen bei Chrysanthemum. Giornale botan. ital. Tom. I. 1844. p. 27 ff.

**) Parlatore, F., Anatomie von Aldrovanda vesiculosa. Giornale botan. ital Tom. I. 1844. p. 237 ff.

***) Schleiden M. J., Beiträge zur Botanik. Bd. I. Leipzig 1844. S. 6 ff. Taf. I. Fig. 5, Taf. VI. Fig. 93.

†) Schleiden, M. J., Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. 2. Auflage. Leipzig 1845—46. S. 213. 267. 328 etc.

Oberhaut häufig nur an gewissen Stellen stattfinde und dass in den Papillen sich 2—5 Zellen entwickeln, die anfänglich rundlich sind, allmählig sich in die Länge strecken und so ein zelliges, der Epidermis aufgepflanztes Haar bilden. Dies ist nach ihm eine ziemlich allgemeine Entwickelung der Haargebilde. Oft tritt nur eine einzige Zelle über die Fläche der Oberhaut hervor als einfaches Haar, oder höchst mannigfache Formen bildend, z. B. sehr häufig zum Köpfchen anschwellend (Malpighia, Rhamnus, Utricularia). Oder es bilden sich mehrere Zellen für ein Haar. Auch dann wächst oft eine Zelle in Aeste aus. Bei den Köpfchenhaaren besteht der Stiel aus Einer Zelle oder aus einer Zellreihe oder aus mehreren, ebenso das Köpfchen, welches oft grün ist, oft eigenthümliche Säfte enthält und absondert. Zuweilen zeigen sich Spiralgefässe in den Haaren (Drosera etc.). Fast alle wirklich brennenden Haare (Urtica, Wigandia, Loasa etc.) enden in eine kleine knopfförmige Anschwellung und sind besonders an der Spitze äusserst spröde, so dass bei der Berührung das Knöpfchen abbricht, die nun geöffnete Spitze in den berührenden Körper eindringt und der durch den Widerstand auf die blasenförmige Anschwellung am Grunde ausgeübte Druck einen Theil des giftigen Inhalts hervortreibt. Nicht mit Unrecht sagt Schleiden: könnten wir den Stoff aus den Brennhaaren (Urtica urentissima, crenulata etc.) isoliren, würden wir darin sicher das furchtbarste bis jetzt bekannte Pflanzengift entdecken.*)

Bei vielen Haaren (am Stylus der Campanulaceen) verschwindet ihr Inhalt zu einer bestimmten Zeit und scheint durch Luft ersetzt zu werden, wodurch**) das Haar zum Theil in seine eigene Höhle zurückgezogen wird. Schleiden gedenkt auch der eigenthümlichen Füllmasse, welche im Alter die Haare der Borragineen und Urticeen so häufig erfüllt und bildet die Erscheinung bei Bo-

---

*) Von den furchtbaren Wirkungen der Brennhaare tropischer Urticaceen gibt Lechenault de la Tour (Mém. du museum d'histoire natur. III. Année. Cah. IV.) eine höchst anziehende Schilderung. Er hat dabei die Wirkungen der Urtica crenulata an sich selbst beobachtet und fürchtete in Folge eines unvorsichtigen Verbrennens an derselben sogar in Starrkrampf zu verfallen. Man vergleiche Flora 1821. S. 663 ff.

**) Dadurch wohl nicht; wo flüssiger Inhalt bei Haaren durch Luft ersetzt wird, erfolgt ein Collabiren, allein eine so vollständige und in der Art und Weise wie bei den Campanulahaaren vor sich gehende Retraction nimmer.

rago officinalis und Ficus Carica ab, jedoch sehr unvollkommen. In der Tafelerklärung der Fig. 11—13 seiner Taf. I. giebt Schleiden die Entwickelung der Haare an Blatt und Stengel von Glaucium luteum. Er sagt: in der ursprünglichen, lang ausgedehnten Oberhautzelle haben sich querliegende Zellen gebildet, die man deutlich als frei darin liegend erkennt, oft enthält eine dieser Zellen zwei andere in ihrem Innern etc., beschreibt also den Vorgang nur höchst ungenau, zum Theile geradezu falsch.

Abgebildet sind eine beträchtliche Anzahl von Haargebilden, jedoch nur in ihren Contouren und auch diese lassen Vieles zu wünschen übrig. Neues hat Schleiden eigentlich Nichts hierin gegeben.

Wilson*) erwähnt als Nachtrag zu seiner früheren Arbeit, dass er nie ein Pollenkorn in die Sammelhaare von Campanula Rapunculus treten sah und glaubt, dass Hartig**) sich getäuscht und lediglich durch den Schnitt die Pollenkörner in die Haare gebracht habe.

Planchon***) schrieb über die Haare der Droseren, ohne indess etwas Wichtiges hinzuzufügen.

Benjamin†) handelt über die Haare und Schläuche der Utricularien in recht gediegener Weise. Nach ihm sind die Spitzen der Blätter mit Haaren wie mit einem Filze bedeckt und es fällt ihre Entstehung in eine sehr frühe Periode. Die oberste Zelle des Segmentes wächst in einen kurzen stumpfen Kegel aus, der sich rasch verlängert, zuspitzt und ein Haar darstellt. Die fingerförmigen Haare am Schlauche entstehen als 2 runde, gleich grosse Zellen. Bald darauf entwickeln sich 2 ihnen gleiche Zellen an der Basis der ersten runden Zelle, so dass diese 4 runde Zellen trägt, welche anfangs auf ihr unbeweglich befestigt sind, sich aber bald bis auf ihre Basis ablösen und fortan beweglich auf ihr sitzen. Während die soeben entstandenen 4 Zellen rasch, doch nur in die Länge wachsen, tritt eine Ungleichheit in ihrer Vergrösserung ein,

*) Wilson, W., The Phytologist. London 1847. p. 965.

**) Hartig, Th., Neue Theorie der Befruchtung etc. Mit 1 Taf. Braunschweig 1842.

***) Planchon, A., Annales des sciences naturelles. Sér. IV. 1848. 1. Cah.

†) Benjamin, L., Botanische Zeitung 1848. S. 1 ff.

die beiden oberen verlängern sich weit mehr als die unteren und übertreffen dieselben im vollkommenen Zustande um mehr als das Doppelte der Länge. — Die runde Zelle trägt also jetzt 4 fingerförmige Zellen, meist sind die beiden langen nach oben, die beiden kurzen nach unten gerichtet. Ihre Beweglichkeit ist, da sie nur an der Basis befestigt sind, sehr gross und es sind dieselben mit Zellsaftkügelchen angefüllt.

Am oberen Rande des Schlauches stehen 4 lange Haare, aus Einer Zellschicht bestehend und einfach; am gegenüber stehenden Rande meist 2 Haare, aus mehreren Zellschichten zusammengesetzt, gewöhnlich mit einem Zweige versehen und am Ende zugespitzt; die verzweigten sind als Fortsätze der Schlauchwand zu betrachten und daher mehr blatt- als haarartige Organe.

Nebstdem stehen auf dem Schlauchrande noch Haare, die auf einem langen, dünnen, cylindrischen, aus Einer Zelle bestehenden Stiele eine zweite Zelle tragen, die etwas kürzer und gegen ihr Ende kolbenartig verdickt ist, so dass das Ganze, da der Stiel etwas gekrümmt ist, einer Pistole ähnelt. Bei der Entwickelung entsteht zuerst die dickere kolbenförmige Zelle; ist sie hervorgetreten, so folgt die zweite langsam nach; nicht selten sieht man zwei junge Kolbenzellen anfangs der Länge nach vereint; die Scheidewand in ihrer Mitte wird nach und nach undeutlicher, bis sie mit der Vollendung des Haares verschwindet.

Auf dem Ventile stehen zunächst auf jeder Seite zwei lange, einfache, spitze, mehrzellige Haare, nebstdem gestielte Haare und dicht hinter ihnen, gegen die Basis zu, eine Anzahl solcher, die auf einer runden Zelle eine ovale, 4—5mal längere tragen, welche sich sehr vergrössert.

Benjamin hält die vierarmigen Haare für Respirationsorgane und glaubt, dass sie Luft in die Höhle der Schläuche absondern; ein Pigment, wie es Göppert*) in den Haarzellen der Schlauchwand beschrieb, sah Benjamin niemals.

Bahrdt**) hat wohl zuletzt ausführlicher über Pflanzenhaare

*) Göppert, R., Botanische Zeitung 1847. No. 41.

**) Bahrdt, H., De pilis plantarum. Dissert. Bonnae 1849. c. II Tab. — Ich verdanke die Mittheilung dieser Abhandlung, die ich mir nicht verschaffen konnte, der Güte des Herrn Prof. Caspary.

geschrieben, doch ist seine Arbeit, da er die neuere Literatur nicht benützte, voll von Irrthümern und Unrichtigkeiten. Haare sind nach Bahrdt alle wahren, aus Zellen gebildeten Anhänge der Epidermis von verschiedenster Form, immer aber mehr oder weniger verlängert, meist zart und weich, nie aber holzig. Diesen gegenüber stehen die Glandeln (Drüsen) als jene Oberhautanhänge, welche bestimmt sind, eigenthümliche Säfte abzusondern. Die Haarformen sind nach Guettard und Schrank gegeben; Bahrdt constatirt, dass an einer und derselben Pflanze meist sehr verschiedene derselben vorkommen. Er erwähnt, dass die Haare oft schräg auf der Oberhaut aufsitzen (Lychnis chalcedonica), häufig sogar nach unten gekrümmt sind (Galium Aparine) und dass die Köpfchen oft nickend erscheinen, vielleicht, wie er glaubt, herabgezogen durch das Gewicht der secernirten Substanz.*) An die Oberhaut angedrückte Haare fehlen der Blüthe stets.**) In der Jugend sind alle Haare weich und biegsam; zarte und succulente Pflanzen, sowie Blüthentheile***) behalten sie auch fortwährend so, während Holzpflanzen meist steife und robuste Haare tragen. Die meisten dauern so lange wie die Epidermis, viele fallen aber ab (Chenopodium, Nuphar, Salix etc.). Die Farbe der Haare anlangend, sind sie gewöhnlich farblos, oft aber auch so gefärbt, wie die Theile, auf denen sie stehen (Dictamnus, Impatiens roth, Ajuga, Tradescantia blau, Verbascum nigrum [Staubfäden] violett), manchmal aber auch anders (weiss an den rothen Staubfäden von Lonicera alpigena, gelb bei Lycium barbarum und Myrica cerifera, schwarz†) am Stengel von Hieracium villosum etc.). Bei Köpfchenhaaren ist der Stiel oft farblos, das Köpfchen gefärbt, z. B. rosa (Erodium cicutarium, Comarum palustre, Rosa-Arten), gelb (Scrophularia nodosa),††) schwarz (Berteroa incana). Grüne Haare sind äusserst selten†††)

*) Die Köpfchen werden nickend dadurch, dass die Stielzellen absterben und Luft als Inhalt bekommen.

**) Sie kommen eben nur seltener daselbst vor (Correa speciosissima etc.).

***) Blüthentheile gerade haben oft die allersteifsten Haare (Brunfelsia eximia, Lonicera-Arten [Fig. 72. Taf. XXII.], Anemone Halleri, Pentstemon-Arten, Gnidia tomentosa [Fig. 179. Taf. XXVI.] etc.

†) Nicht schwarz, sondern violett oder braun.

††) Sehr selten gelb, fast immer tief violett (Taf. XXXI. Fig. 355).

†††) Das häufige Vorkommen von Chlorophyllkörnern ist allen Beobachtern,

(Rosa-Arten). Die Spiralgefässe in den grossen Drosera-Haaren hält Bahrdt keineswegs für innere, sondern lediglich für in der äusseren Zellhaut befindliche und glaubt, das Köpfchen enthalte dieselben gar nicht, sondern Meyen u. A. seien durch Streifen (!) der Haut der äussersten (!) Zellen getäuscht worden, die sie für Gefässe hielten. Sollten aber wirklich Spiralgefässe in den Haaren enthalten sein, so wären es eben keine Haare.*) — Ueber die Abhängigkeit der Behaarung von äusseren Momenten giebt Bahrdt eine längere Zusammenstellung, die aber, wie der folgende Auszug zeigt, viele grobe Irrthümer bezüglich der Lebensverhältnisse der aufgezählten Pflanzen und ihrer Behaarung enthält. Der Umstand, dass Hieracium Pilosella, Mentha arvensis, Euphrasia officinalis etc. bald kahl, bald haarig erscheinen, je nachdem sie an schattigen und feuchten oder aber an sonnigen und trockenen Orten wachsen, lasse schliessen, dass das Entstehen der Haare durch Sonnenlicht und Wärme begünstigt werde, und dass, da diese Agentien auch Ausdünstung und Excretion sehr befördern, die Haare der Ausdünstung und Excretion dienen. Insbesondere könnten viscöse Stoffe ohne Licht und Wärme gar nicht ausgeschieden werden und es fänden sich deshalb in der That Köpfchenhaare fast nur bei Pflanzen auf trockenen und sonnigen Standörtern vor. Von Chenopodeen, welche meist trockene Orte bewohnen, sind fast alle behaart, vor Allem die auf Steinen vorkommende Kochia; von Amarantaceen die in Gärten und im Feuchten cultivirten kahl, Amarantus retroflexus aber, auf sandigen Feldern wachsend, sehr behaart. Urtica- und Parietaria-Arten, die trockene Standorte lieben, sind sehr behaart, Euphorbia-Arten, meist an feuchten und nassen Stellen wachsend, meistens glatt, Euphorbia platyphyllos, trockene Orte bewohnend, wiederum sehr behaart. Die Plantago-Arten feuchter Standorte erscheinen kahl, Plantago arenaria sehr haarig. Soldanella und Androsace-Arten, insbesondere Andr. septemtrionalis, überhaupt die auf Alpen der Sonne ausgesetzten, sind behaart, die fast nur an nassen, schattigen Orten wachsenden Lysimachia-, Trientalis-, Centunculus-, Hot-

---

wenigstens bei einfachen Haaren, entgangen, man kannte es höchstens bei sehr zusammengesetzten Haaren (Rosa, Drosera etc.).

*) Warum denn das?

tonia-, Anagallis-Arten fast kahl. Von den Personaten sind Gratiola-, Pedicularis-, Limosella-, Scrophularia-Arten, die alle feuchte, schattige Orte lieben, wenig behaart, dagegen Verbascum-, Melampyrum-Arten, trockene Standorte bewohnend, sehr behaart. Veronica verna, triphyllos, praecox, officinalis auf steinigem, trockenem Boden haben Köpfchenhaare, Veronica hederifolia und Chamaedrys sind wenig behaart; fast kahl Veronica serpyllifolia (auf feuchten Aeckern); völlig kahl Veronica Beccabunga, Anagallis und scutellata, an Bächen und Quellen wachsend. Digitalis-Arten sind fast alle sehr behaart, wachsen auch an besonnten Orten. Linaria arvensis und vulgaris, auf schattigem Boden lebend, sind fast kahl, Linaria spuria und Elatine, auf besonntem, trockenem Lande wohnend, sehr behaart. Von Solaneen sind am behaartesten Hyoscyamus-Arten, Solanum villosum und nigrum, welche sonnige und trockene Standorte lieben; fast kahl Solanum Dulcamara und Atropa Belladonna, die an schattigen, feuchten Orten wachsen. Die Labiaten stehen fast immer auf warmem, trockenem Boden und sind deshalb fast alle behaart, z. B. Mentha, Nepeta, Prunella, Thymus, Lamium, Leonurus, Galeopsis, Stachys etc., die Borragineen desgleichen, nur Myosotis palustris an Bächen fast kahl. Von den Polemoniaceen ist Polemonium, auf feuchten Wiesen vorkommend, kahl, Gilia- aber und Collomia-Arten, die trockene Orte bewohnen, sehr behaart. Gentianen und Ericineen leben an feuchten und schattigen Standörtern, sind daher meistens kahl. Von den Synanthereen sind jene die behaartesten, welche sonnige, trockene Orte bewohnen, Crepis-, Hieracium-, Inula-, Barkhausia-, Gnaphalium-Arten und die meisten Cynarocephalen. Sonchus-Arten, feuchte Stellen liebend, sind meist kahl, desgleichen Scorzoneren; Scorzonera villosa hingegen lebt an trockenen Orten. Die Umbelliferen bleiben gewöhnlich kahl, bewohnen auch feuchte Orte, behaart sind die an sonnigen, trockenen Stellen wachsenden; Pastinaca, Daucus, Caucalis, Torilis, Anemone nemorosa und ranunculoides, sämmtlich im Feuchten wachsend, sind kahl; Anemone vernalis, Pulsatilla und Halleri auf Kalkboden, sehr behaart. Dasselbe gilt von Ranunculus-Arten und Cruciferen; Arabis-, Berteroa-, Alyssum-Arten, trockene, sonnige Orte bewohnend, werden sehr behaart. Von Geraniaceen sind Geranium und Erodium behaart, Impatiens und Oxalis-Arten nahezu kahl. Berberi-

deen, Paronychieen, Portulaceen, die meist auf feuchtem Boden wachsen, sind glatt; die meisten Malvaceen hingegen, steinigen, trockenen Boden bewohnend, behaart. Von Caryophylleen sind Silene gallica, viscosa und Otites, Lychnis Viscaria, Coronaria tomentosa, Cerastium arvense und semidecandrum, Holosteum umbellatum, Arenaria-Arten etc., welche trockene Orte bewohnen, am haarigsten.

Nicht blos die Sonnenwärme, auch andere Ursachen vermehren die Excretion der Pflanzen, denn je reiner und trockener und dunstfreier die Luft, je geringer der Luftdruck und je mehr der Wind die Pflanzen berühren kann, desto besser und rascher muss sie von Statten gehen. Und in der That sind die Pflanzen auf den höchsten Bergen fast alle sehr behaart, die Blattoberseite dazu meist mehr als die untere. Je trockener und heisser ein Ort ist, desto dauerhafter und robuster sind überdies die Haare, je feuchter, desto zarter und weicher. — Bahrdt glaubt, die Spaltöffnungen könnten die Haare ersetzen, und umgekehrt, so dass, wo Haare fehlen, die Spaltöffnungen, und wo diese fehlen, die Haare statt ihrer fungiren, da beide der Aushauchung und Excretion dienen.

Die Haare entstehen nach Bahrdt dadurch, dass eine oder mehrere Epidermiszellen aus äusseren Ursachen einen Ueberfluss von überflüssigen Säften enthalten, und dass durch den Druck derselben auf die Wandung die Zelle ausgedehnt und verlängert, schliesslich zum Haare wird. Oft bleibt dasselbe beständig aus Einer Zelle bestehend; wenn aber der Saftstrom langsam aufsteigt, sollen mehrere Zellen entstehen. Bahrdt theilt die Haare in zwei grosse Gruppen, in Drüsenhaare und in nicht drüsige oder lymphatische Haare. Die ersteren secèrniren die Substanzen, welche sie enthalten; die lymphatischen Haare hingegen scheinen, wenn sie auch zur Ableitung überflüssiger Stoffe bestimmt sind, dieselben doch selten wirklich abzusondern, da diese Stoffe meist schon durch das sich Bilden der Haare verbraucht werden und nach geschehener Entwickelung der Haare selten mehr viel von ihnen übrig ist, hingegen scheinen sie Dünste auszuhauchen. Dass die Drüsenhaare factisch excerniren, sei erwiesen, doch glaubt Bahrdt, dass der Sitz der Excretion nicht im Haare selber sei, sondern im Parenchyme, und dass die zu secernirenden Stoffe von dort schon fertig

in die Epidermis und die Haare gelangten, schon deshalb, weil die Oberhaut meist nicht jenen Zellsaft enthalte, aus welchem die eigenthümliche Substanz secernirt werde. Die von den lymphatischen Haaren ausgeschiedenen Säfte seien keine Secrete, sondern wässeriger Natur.

Schliesslich giebt Bahrdt folgende Eintheilung der Haare:

Pili.

I. Pili glandulosi.

1) P. glandulosi veri.
   P. verrucosi,
   orbiculares,
   collectores etc.

2) P. glanduliferi.
   P. cupulati,
   capitati,
   polycephali etc.

3) P. excretorii.
   P. urentes,
   malpighiacei,
   peltati etc.

II. Pili lymphatici.

1) P. lymphatici veri.
   a) simplices:
      P. conici,
      cylindrici,
      falcati,
      uncinati,
      aculeati,
      setosi etc.
   b) compositi:
      P. articulati,
      geniculati,
      moniliformes,
      ramosi etc.

2) P. lymphatici proprii.
   P. squarrosi,
   ramentacei,
   radicales.

Begründet hat Bahrdt seine Eintheilung nicht; sie bringt auch keinerlei Klarheit oder Uebersichtlichkeit mit sich.

Die der Arbeit beigegebenen Abbildungen sind durchwegs im höchsten Grade mittelmässig, die der Köpfchenhaare geradezu unkennbar. In den meisten Fällen kamen überdiess — wie selbst die schlechten Abbildungen ohne Weiteres erkennen lassen — sicher entweder nur verletzte und abgestorbene oder aber Herbarpflanzen entnommene Haare zur Beobachtung, die alle von vorneherein jede Genauigkeit ausschliessen mussten.

Henfrey*) erwähnt, dass viele Orobanchen knopfartig ange-

*) Henfrey, A., Ueber den Bau des Stengels und der Wurzel der Orobanchen. Annal. and magazine of natural history 1849. Nr. 13.

schwollene Drüsenhaare besitzen, die aus 3—4 Zellen bestehen, welche nach oben immer enger werden und einen kugeligen, aus 1—3 Zellen bestehenden, mit harzigen Stoffen erfüllten Körper haben.

Lancester*) erwähnt der zweiarmigen Sternhaare der Drosera etc., liefert aber nur bekannte Thatsachen, und Walz**) hat das riechende Princip von Digitalis purpurea einer Analyse unterworfen.

Cohn***) hat zuerst eine gründlichere Anatomie der Aldrovanda vesiculosa gegeben.†) Nach ihm ist der Rand der Blattscheibe mit kegeligen, einzelligen, nicht verdickten Haaren bewimpert, die eine trichterförmige Gestalt haben. Auch die 2- und 4-armigen Haare sah er und bildete sie ab.

Die Haargebilde erscheinen sehr zeitig, bald nachdem die Organe angelegt sind, als einfache, über die Oberfläche papillenförmig hervorragende Oberhautzellen, in denen sich Zellkern und Protoplasma beobachten lässt. Alsbald theilt sich die Papille durch eine Scheidewand in eine obere und in eine untere Hälfte, die sich ungleich verhalten, indem beide sich zwar durch eine senkrechte Scheidewand in 4 Tochterzellen theilen, von denen aber die beiden unteren sich nicht weiter ausdehnen, während die beiden oberen sich horizontal bedeutend vergrössern, halbkugelig, dann cylindrisch werden und so in die beiden anliegenden Aeste auswachsen. Offenbar geschieht die Bildung der 4armigen Haare und der schildförmigen Drüsen ganz in derselben Weise, nur dass bei diesen die obere Zelle sich nach bestimmten Richtungen, statt in 2, in 4—12 Tochterzellen theilt. Merkwürdig ist, dass bei Utricularia-Schläuchen, bei Vallisneria-Knospen, Callitriche-Blättern etc. ganz ähnliche Haarbildungen vorkommn.

Caspary††) hat ausführlicher über die von Harvey, Kützing

*) Lancester, J.; British association for the advancement of science. Edinburg 1850.

**) Walz, G. F. Jahrbuch für praktische Pharmacie. Bd. XXIV. S. 86 ff.

***) Cohn, F., Ueber Aldrovanda vesiculosa Monti. Flora 1850. S. 670 ff. und Taf. VII.

†) Die Abbildungen lassen Manches zu wünschen übrig.

††) Caspary, R., On the hairs of marine Algae and their development. With 3 plates. — Ann. and magaz. of natur. history by R. Taylor. Ser. II. Vol. VI.

u. A. bemerkten Haarbildungen an Meeresalgen geschrieben. Er unterscheidet dieselben als einzellige und mehrzellige, letztere wieder als unverzweigte und (dichotomisch) verästelte und hinsichtlich ihres Vorkommens als vereinzelt oder in Büscheln stehende. Von der Mehrzahl der beobachteten Haare hat Caspary Grössenabmessungen gegeben. Die Länge der einzelligen Haare beträgt bei Callithamnium Daviesii 0,07—0,08—0,11 Par. Lin., bei Ceramium rubrum 0,13—0,14—0,16'''; von mehrzelligen die bei Chorda lomentaria 0,5—0,51—0,54''' (die einzelnen Zellen 0,03—0,04—0,05—0,06'''); bei Sphacelaria cirrhosa die einzelnen Zellen 0,03—0,07—0,09—0,15'''; bei Leathesia tuberiformis die Haarlänge 0,23—0,29''' (die der einzelnen Zellen 0,02—0,03—0,04'''); bei Cystosira granulata die Haarlänge 0,06—0,67—0,08''' (die der einzelnen Zellen 0,01—0,02—0,03''').

Alle diese Haare erscheinen zuerst als Ausstülpungen einer Algenzelle und die trennende Scheidewandbildung erfolgt ziemlich spät, wird übrigens in der weiter wachsenden Haarzelle häufig noch oft fortgesetzt.

Kützing*) hat sich bemüht, die spiralige Structur der Membran auch bei Pflanzenhaaren zu erweisen. Nach ihm sind die Zellen der Sternhaare von Lavandula Spica (seine Taf. IX. Fig. 34) sehr verdickt, die äussere Schicht (Cuticula) derselben ist bei alten Haaren proteïnartig. Sie lässt deutlich sich kreuzende Spirallinien erkennen und zwischen denselben kleine Oeffnungen (!), aus welchen eine formlose Schleimmasse hervorkommt (!), welche Oeltropfen in Vacuolen birgt. Bei den Köpfchenhaaren von Primula sinensis (seine Taf. X. Fig. 1a—e) zeigt die Zellwand sich kreuzende Spiralfäden, zwischen welchen sich Löcher (!) befinden. Wo die Spiralfäden über einander greifen, sieht man an der inneren (!) Wand Verdickungen in Form von Wärzchen. Aeltere Haare von Heliotropium peruvianum (seine Taf. X. Fig. 4a—c) zeigen in ihren äusseren Schichten Proteïnreaction, haben Spiralfasern (!) und zwischen

p. 465 ff. (1850). — Die Mittheilung dieser interessanten Abhandlung verdanke ich der Güte des Herrn Prof. Caspary, der mir dieselbe auf meine Bitte freundlichst einsandte.

*) Kützing, F. T., Grundzüge der philosoph. Botanik. I. Bd. Leipzig 1851. S. 157. 279—281 etc

ihnen spaltenförmige Löcher (!). Aber diese scheinen durch eine ausgeschwitzte Substanz, welche sich oben (!) auflegt und etwas aufgebläht hat (!), verstopft, wodurch auf der Aussenfläche kleine Wärzchen entstehen, die in spiralige Linien angeordnet sind. Die Filzhaare der Frucht von Cydonia vulgaris (seine Taf. X. Fig. 5) haben an der Aussenwand sehr feine sich kreuzende Spiralfasern ohne bemerkbare Erhabenheiten und Löcher; die Haare an der Grannc der Stipa pennata (seine Taf. X. Fig. 6) zeigen nur einfache spiralige Streifung; die Spirale reisst oft (!) und die abgerissenen Fasertheile ziehen sich dann vermöge ihrer Elasticität dicht zusammen und bilden dadurch Ringe wie bei Oedogonium (!). Die Brennhaare von Urtica urens (seine Taf. X. Fig. 7) haben auf der Oberfläche feine und geordnete Punkte, an der inneren Zellwand grosse zitzenförmige Warzen.

Die Abbildungen sind in Folge der nie sichtbaren, von Kützing aber kräftig hineingezeichneten Spiralen der Natur sämmtlich nicht angemessen.

Unger*) beschreibt die Sternhaare in den Luftgängen der Victoria regia und bildet sie ab.

Oudemans**) hat eine Abhandlung über die Entwickelung der Köpfchenhaare von Collomia coccinea gegeben, welche mit recht guten Abbildungen versehen ist, an denen man nur das vermisst, dass der Zellinhalt insbesondere in jungen Stadien, wo er doch das Wichtigste ist, leider immer in den Figuren weggelassen wurde. Die Pflanze hat nach Oudemans zweierlei Haarformen: 1) Zwei- bis dreizellige conisch gestaltete mit ziemlich dicken Wänden (Blattunterseite), und 2) köpfchentragende Haare (Kelchblätter).

Die ersteren sind ausgedehnte Epidermiszellen, welche bald nach ihrem Entstehen 2—3 andere Zellen in ihrem Innern entwickeln und dadurch ihr zusammengesetztes Verhalten erlangen. Welche Art der Zellbildung bei dieser Vermehrung stattfand, konnte Oudemans nicht bemerken, es kamen ihm nur bereits getheilte

*) Unger F., Einiges über die Organisation der Blätter von Victoria regia. Sitzungsberichte der Wiener Academie 1853. Bd. XI. S. 1016 ff. und 1 Taf.

**) Oudemans, C., Zur Kenntniss des Baues und der Entwickelung der Haare (namentlich der Köpfchen tragenden) von Collomia coccinea. Botanische Zeitung 1853. S. 425 ff. und Taf. IX.

Haare zu Gesicht. Ihre Zellen sind dicht mit Cuticularknötchen besetzt.

Bei der zweiten Haarform ist im erwachsenen Zustande der Stiel meist aus 3 von unten nach oben in Breite abnehmenden Zellen zusammengesetzt, die eine äusserst glatte Oberfläche besitzen, farblosen Inhalt, Plasma und Cytoblasten führen. Auf diesen Stiel folgen eine, selten zwei kurze, mit Chlorophyllkörnern erfüllte Zellen, welche Oudemans bereits dem Köpfchen zuzählt, und ein Kranz von 4—8 Zellen, welche ebenfalls Chlorophyll enthalten. Endlich folgt das eigentliche Köpfchen, das aus 8—16—18 Zellen besteht, an seinem oberen Ende breiter wie an seinem unteren ist und gelblich gefärbt erscheint. Die Zellen desselben weichen oben aus einander und bilden so eine trichterförmige Höhlung. Das ganze Haar ist von Cuticula überzogen. Von der Entwickelung hat Oudemans die ersten Stadien nicht gesehen. Nach ihm besteht das jüngste zur Beobachtung kommende Haar schon aus 4 der Länge nach an einander gereihten Zellen, von denen die obere bereits eine kugelförmige Gestalt besitzt;*) der Inhalt aller ist wasserhell und farblos. Bald darauf bemerkt man in der Endzelle eine horizontale Scheidewand, welche sie in 2 ungleiche Hälften theilt. Nach dieser ersten Theilung fängt eine zweite an, welche durch Bildung einer perpendiculären Scheidewand die obere grössere Hälfte in 2 gleiche Theile theilt, deren convexe Spitzen durch eine leichte Ausrandung von einander getrennt sind. Dieser zweiten Theilung folgt eine dritte, wodurch in jeder der letztentstandenen Zellen zwei andere in derselben Richtung entstehen; von oben betrachtet zeigt sich indess noch keine oder erst eine ganz geringe Spur der bereits erwähnten trichterförmigen Höhlung. Kurz vor oder während oder nach dieser dritten Theilung wird eine Trennung der unteren Hälfte erst in 2, dann in 4 durch perpendiculäre Scheidewände getrennte gleich grosse Theile wahrgenommen. Zu gleicher Zeit fangen die Farbstoffe an, sich zu entwickeln, und die trichterförmige Höhle wird immer sichtbarer. Ob die Entwickelung der Chlorophyll haltenden, unter dem Köpfchen liegenden Zelle von der unter ihr gelagerten Stielzelle ausging oder ob sie dem Köpfchen angehörte, konnte Oudemans durch Beobachtung nicht entscheiden,

*) Es hat also Oudemans nur das nahezu schon fertig angelegte Haar gesehen.

doch hält er das letztere für das Wahrscheinlichste. Die Vermehrung der Zellen geschieht durch Theilung und die Bildung des Stieles eilt der des Köpfchens voraus.

Irmisch*) giebt Notizen über die Behaarung der Orchideen, Brongniart**) eine ausführliche Arbeit über die Nektar absondernden Drüsen der Monocotyledonen.

Crüger,***) welcher die Zusammensetzung der Zellhaut aus Primitivfasern vertheidigte, sagt, dass, wenn Haare aus Einer Zelle bestehen, die Primitivfasern fast genau der Längsaxe derselben laufen. Er beschreibt weiter einige interessante Haarformen. Nach ihm stehen auf den Früchten von Tragia volubilis sehr schöne, prismatische Brennhaare, bestehend aus 4—5 langen Zellen, von denen eine die Mitte einnimmt und welche von einer zugespitzten Zelle gekrönt sind. Diese Zelle ist an ihrer Basis porös verdickt. Diejenige von den langen Zellen, die von den anderen umgeben ist, bleibt fast ganz unverdickt, die herumstehenden werden indess sehr stark verdickt und zwar durch eine sehr steil anlaufende Cellulosefaser. Die Cytoblasten stehen an jener Seite der Zelle, wo sich alle Zellen berühren, von ihnen verlaufen zahllose Plasmaströme, von denen die an der Wand langsam sind, gleichsam pulsiren und stets genau die Richtung der Primitivfaser haben, in ganz jungen Haaren aber noch nicht wahrzunehmen sind. — Die Haare an der Frucht von Crotalaria incana *L.* bestehen aus einer langen, zugespitzten, nach einer Seite etwas gekrümmten Zelle, die auf 2—3 platten Zellen aufsteht und sich auf der einen Seite viel schneller wie auf der anderen verdickt, so dass der Querschnitt halbmondförmig ist. Im jungen Zustande sind die Wände gleich verdickt.

Die Warzen, Punkte etc. der Cuticula an Haaren stehen, was ihre Lage betrifft, nach Crüger in einem bestimmten Verhältnisse zur Primitivfaser; sie fangen erst an, sich zu zeigen, wenn das Haar fast ausgewachsen ist. Auf der inneren Seite der Zelle entspricht der Warze gewöhnlich ebenfalls eine Erhabenheit (?), der

---

*) Irmisch, Th., Flora 1854. S. 512 ff.

**) Brongniart, A., Mém. sur les glandes nectarifères dans div. fam. de pl. monoc. Annales des sciences natur. IV. Sér. Tom. II. 1854. p. 5 ff. (4 Taf.)

***) Crüger, H., Westindische Fragmente. Zur Entwickelung der Zellwand. Botanische Zeitung 1855. S. 618 ff. und Taf. VIII.

die Plasmaströmchen seitlich ausweichen und die sich erst später ebnet.

Von Haarzellen, die am Grunde porös sind, beschreibt Crüger die Sternhaare eines Solanum (Melongena). Sie bestehen aus einem mehrzelligen Piedestale, von 5—7 Haarzellen gekrönt, deren eine die Mitte einnimmt. Ihre Entwickelung ist die folgende: Von den Zellen der Oberhaut erhebt sich hier und da eine in Form eines dünnwandigen Bläschens, das, sobald es eine gewisse Höhe erreicht hat, an seiner Basis andere Zellen ausscheidet, die theilweise das Piedestal aufbauen, theilweise Zweige der sternförmigen Krone werden, indem diese sich auch in die Länge entwickeln und zuspitzen. Wenn die Entwickelung der Kronzellen etwas vorgeschritten ist, fängt die Masse im Innern der Zellen an, etwas beweglich zu werden. Im fertigen Haare erlischt alle Strömung. Auch die Haare von Sida urens haben Poren am Grunde. Crüger erklärt ihr Entstehen aus netzförmigen Plasmaströmen.

Die der Abhandlung beigegebenen Abbildungen sind bis auf die Figuren 38, 42, 51 und 61 alle unbrauchbar.

Grönland*) hat über die Droserenhaare geschrieben. Er entdeckte den Spiralfaserkern im Innern der Köpfchen und hält sie nicht für Haare, sondern für Loben des Blattes, versucht auch ihre Entwickelung zu geben.**) Desgleichen hat er die Haare von Pinguicula untersucht und ihre Entwickelung studirt. Eine der Oberhautzellen streckt sich und theilt sich dann in zwei; die unterste Zelle theilt sich nun nochmals in zwei und in der oberen entstehen zwei Nucleoli und bald darauf eine verticale Scheidewand. Diese Theilung wiederholt sich nun in der oberen Zelle mehrmals, bis das Köpfchen schirmartig wird.

Die Abbildungen sind theilweise sehr gut (Fig. 16), theilweise durchaus falsch, insbesondere was die Cytoblasten und den Zellinhalt betrifft.

Oliver Daniel***) beschreibt die drüsigen Anhänge der

*) Grönland, J., Sur les organes glanduleux du genre Drosera Annales des sciences natur. 1855. Sér. IV. Tom. III. p. 297 ff. und Taf. IX.

**) Einige Details dieser und der Arbeit von Trécul trage ich besser bei Nitschke's Untersuchungen nach.

***) Oliver Daniel, Journal of the proceedings of the Linnean society. London. Vol. I. pt. 3 and 4. 1856—1857. p. 190 ff.

Herbstrosetten von Epilobium montanum. Es sind dieselben häufig gestielt, ihre Basis gelbbraun bis braunschwarz, die Drüse von eiförmig conischer oder länglicher Gestalt.

Trécul*) behandelte denselben Gegenstand wie Grönland, leugnete die von De Candolle**) angegebene Reizbarkeit der Haare und beschreibt und bildet dieselben ganz vortrefflich ab, bis auf einige feinere Details, welche Nitschke erst in's Klare setzte.

Lawson***) erwähnt, dass nicht allein die tropischen Rubiaceen, sondern auch die Stellaten der kalten Gegenden Stipulardrüsen besitzen; bei den Cinchonaceen finden sie sich nur an den Stipeln, bei den Stellaten aber an allen blattartigen Organen.

Unger†) bezeichnet als Drüsen einzelne Zellen sowohl als grössere oder kleinere Zellgewebsmassen, die sich von dem umgebenden Zellgewebe dadurch auszeichnen, dass sie besondere Säfte bereiten und dieselben entweder in sich oder in Höhlungen zwischen sich aufbewahren. Er unterscheidet nach ihrer Structur einfache und zusammengesetzte, nach ihrer Lage innere und äussere Drüsen. Zu den einfachen gehören die Drüsenhaare vieler Labiaten, Scrophularineen, Gesneraceen, Primulaceen, Polemoniaceen und Hydrophylleen, ferner der Chenopodeen, Mesembryanthemen, Portulaceen etc. Es gehen die meisten derselben in zusammengesetzte über.

Die äusseren Drüsen sind meist haar- oder borstenförmige Anhängsel der Epidermis, die entweder am Grunde oder an der Spitze ihren Drüsenapparat besitzen. Zu ersteren gehören die Brennhaare, Dictamnus-Drüsen etc. Am häufigsten sind jene, welche an der Spitze haar- oder borstenförmiger Fortsätze der Epidermis vorkommen. Viele stehen auf einer einfachen Zellreihe oder auf einem aus mehreren Zellreihen gebildeten Fusse (Mentha, Melissa etc.). Oft fehlt der Fuss und sie sind sitzend (Plectranthus fruticosus). Ausser

---

*) Trécul, A., Organisation des glandes du Drosera. Ann. des sciences nat. IV. Sér. Tom. III. 1855. p. 308 ff. Tab. X.

**) De Candolle, A. P., Physiologie. p. 868.

***) Lawson, G., On the cinchonaceous glands in Galiaceae etc. — The Phytologist. London 1855 (November).

†) Unger, F, Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien 1855. S. 187 ff. 209 ff.

ätherischen Oelen sondern diese Drüsen noch manche andere Riechstoffe, sowie ölige, harzige und schmierige Substanzen ab.

Abgebildet sind ganz vortrefflich die Haare von Dictamnus albus, Plectranthus fruticosus und Urtica urens.

Prillieux*) hat eine ganz vorzügliche Arbeit über die Schuppenhaare der Oleaceen und Jasmineen geliefert, desgleichen Treviranus.**) Beide zeigen den Uebergang von Haaren in Schuppen und umgekehrt.***)

Normann†) berichtet über die secernirenden Drüsen der Cruciferen, die er für Stipeln im rudimentären Zustande erklärt, Irmisch††) über die von Caspary bei den Hydrilleeu zuerst entdeckten Haare innerhalb der Blattscheiden der Monocotylen. Er fand sie bei Triglochin maritimum ($\frac{1}{4}$—$\frac{1}{3}$''' lang, aus kleinen rundlichen Zellen gebildet), bei Scheuchzeria palustris (lange weisse Haare, mehrzellig), ferner bei Butomus, Alisma, Stratiotes, Hydrocharis, Najas, Zostera etc. Müller†††) hat denselben Gegenstand behandelt.

Dippel†*) giebt zuerst eine genauere Darstellung der Entwickelung mehrerer Pflanzenhaare. Er hat sie bei Teucrium Scorodonia (Fruchtknoten) und bei Geranium Robertianum (Blumenblatt) beobachtet. Bei letzterer Pflanze erhebt sich aus dem Epithelium des Blumenblattes eine etwas in die Länge gestreckte Zelle, erfüllt von einem dichten feinkörnigen Inhalte und mit einem ziemlich grossen ovalen Kerne, der bald ganz in der Mitte, bald mehr nach der einen oder der anderen Seitenwand liegend erscheint. Diese Zelle streckt sich in der Folge noch mehr in die Länge, so dass ihre Längendimension die der Breite etwa um die Hälfte der

*) Prillieux, Ed., De la structure des poils des Oléacées et des Jasminés. Annales des sciences natur. IV. Sér. Tom. V. 1856. p. 5 ff. Tab. II. et III.

**) Treviranus, L. C., Etwas über den Ueberzug von Schuppen etc. Botanische Zeitung 1857. S. 17 ff.

***) Da ich in einer späteren Arbeit die Schuppen etc. mit Bezug ihrer Entwickelung behandeln werde, führe ich hier diese Arbeiten eben nur an.

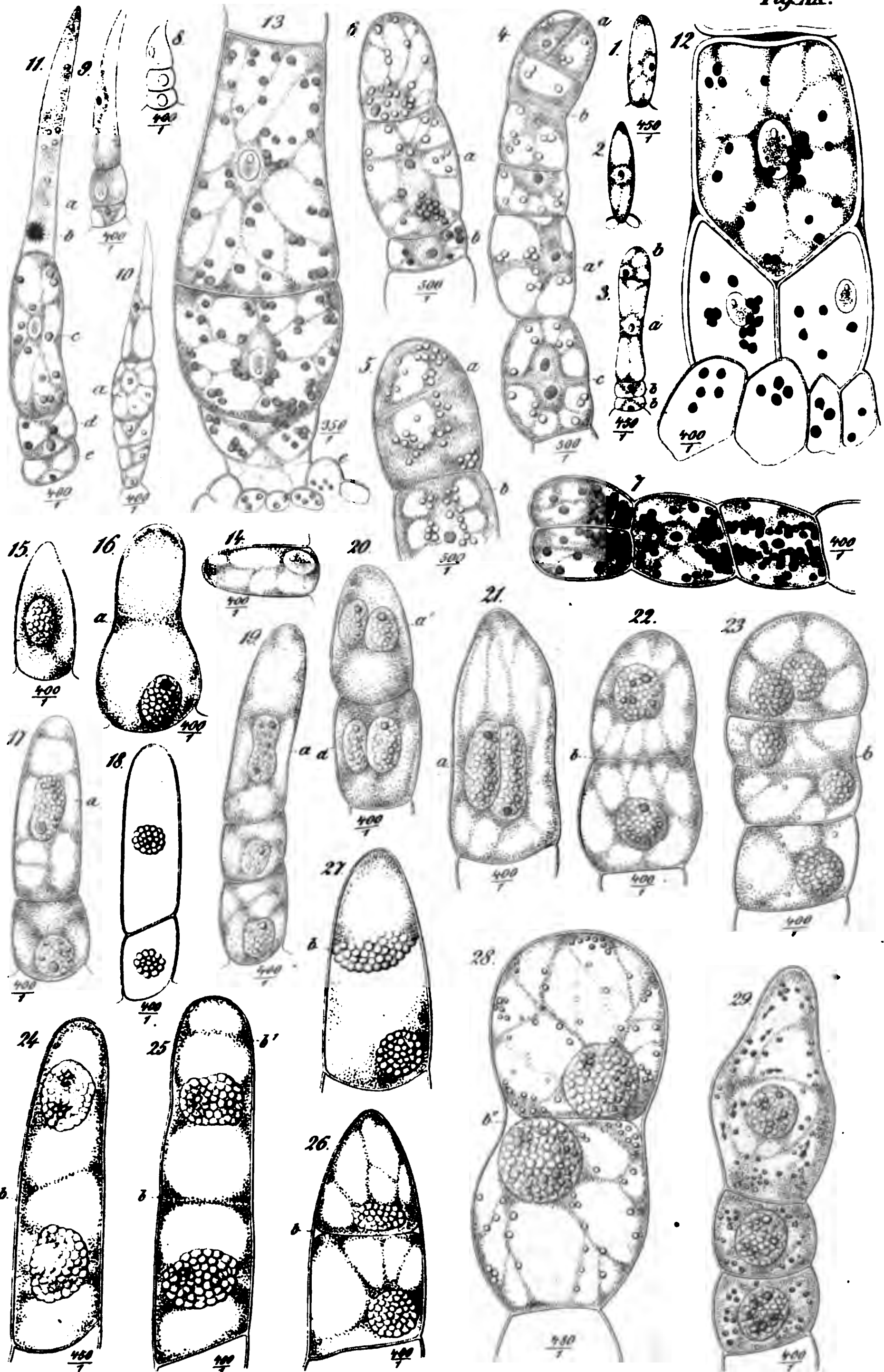
†) Normann, J. M, Programme de l'universit. pour le 1. sem. 1857. Christiania.

††) Irmisch, Th., Ueber das Vorkommen von schuppen- oder haarförmigen Gebilden innerhalb der Blattscheiden bei Monocotylen. Bot. Zeit. 1858. S. 177 ff.

†††) Müller, K. (Halens.), Botanische Zeitung 1858. S. 217.

†*) Dippel, L., Beiträge zur vegetabilischen Zellbildung. Leipzig 1858. S. 54 ff. Taf. V. Fig. 7—24.

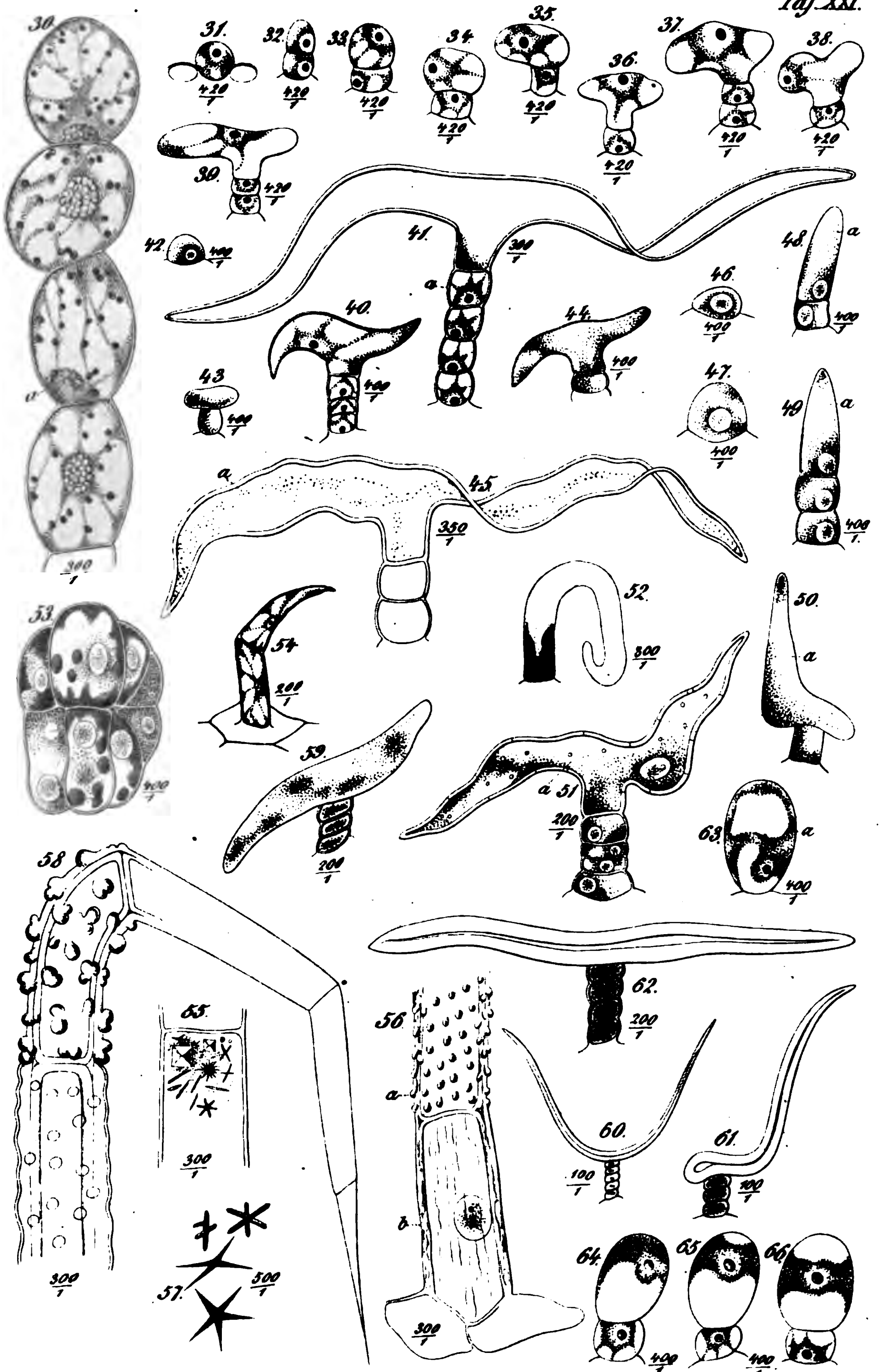
letzteren übertrifft. Der Zellkern hat sich unterdess gleichfalls in die Länge gestreckt und theilt sich — wie es scheint — durch Abschnürung in zwei Tochterkerne, deren Kernkörperchen schon vor gänzlich vollendeter Theilung wahrnehmbar werden. Ist die Theilung des Kernes vollendet, so rücken die beiden Tochterkerne aus einander und es beginnt zugleich die Einfaltung des Primordialschlauches, welche ziemlich gleichmässig mit der Entfernung der ersteren fortschreitet. Wendet man bei einem der letzteren Entwickelungsstufen Chlorzinkjodlösung oder Jodwasser an, so fällt der in der Einfaltung begriffene Primordialschlauch sammt dem Zellinhalte zusammen und es tritt auf das Deutlichste hervor, dass die Entstehung der Zellstoffhülle noch nicht begonnen hat. Etwas weiter entwickelte Zellen zeigen eine von den Einfaltungsstellen aus quer über die Zelle verlaufende starke, aber immerhin noch einfache Trennungslinie. Bei Anwendung von Chlorzinkjodlösung oder Jodlösung und Schwefelsäure zieht sich der Primordialschlauch sammt dem Inhalte zusammen und es bleibt die Trennungslinie stehen. Die Hülle der Mutterzelle sowohl als die neu entstandenen Zellstoffmembranen werden ziemlich schnell und intensiv blau gefärbt. Es ist also nun der Anfang zur Ausscheidung der Cellulosemembran gemacht und es tritt dieselbe vorerst noch als ein höchst dünnes Häutchen auf. Der grössere Theil der beiden Tochterzellräume ist noch in Verbindung geblieben, wie aus dem Verhalten des Inhaltes gegen die genannten Reagentien hervorgeht. Derselbe hängt noch in ziemlich bedeutenden Querdimensionen zusammen. Der Zellstoffring ist etwa bis zu $\frac{1}{6}$ des Lumens entwickelt. Wie sich die Tochterkerne immer weiter von einander entfernen, in dem Maasse verdickt sich die junge Zellwand und es erscheint dieselbe schon deutlich doppelt contourirt, noch ehe die beiden Tochterräume der neuen Zellen vollständig von einander abgeschlossen sind. Während dieses Vorganges nimmt die Mutterzellhaut immer mehr an Dicke ab, was theilweise auf deren Dehnung in die Länge beruhen mag, theilweise aber auch durch Auflösung hervorgerufen wird. Noch ehe die Scheidewandbildung vollendet ist, erscheint sie schon sehr verdünnt, so dass man sie kaum mehr als doppelt contourirt über den entstandenen Intercellularraum verlaufen sieht. Indem die Zellkerne ihre normale Lage gegen die Mitte des Lumens



A. Weiss del.

C. F. Schmidt lith.

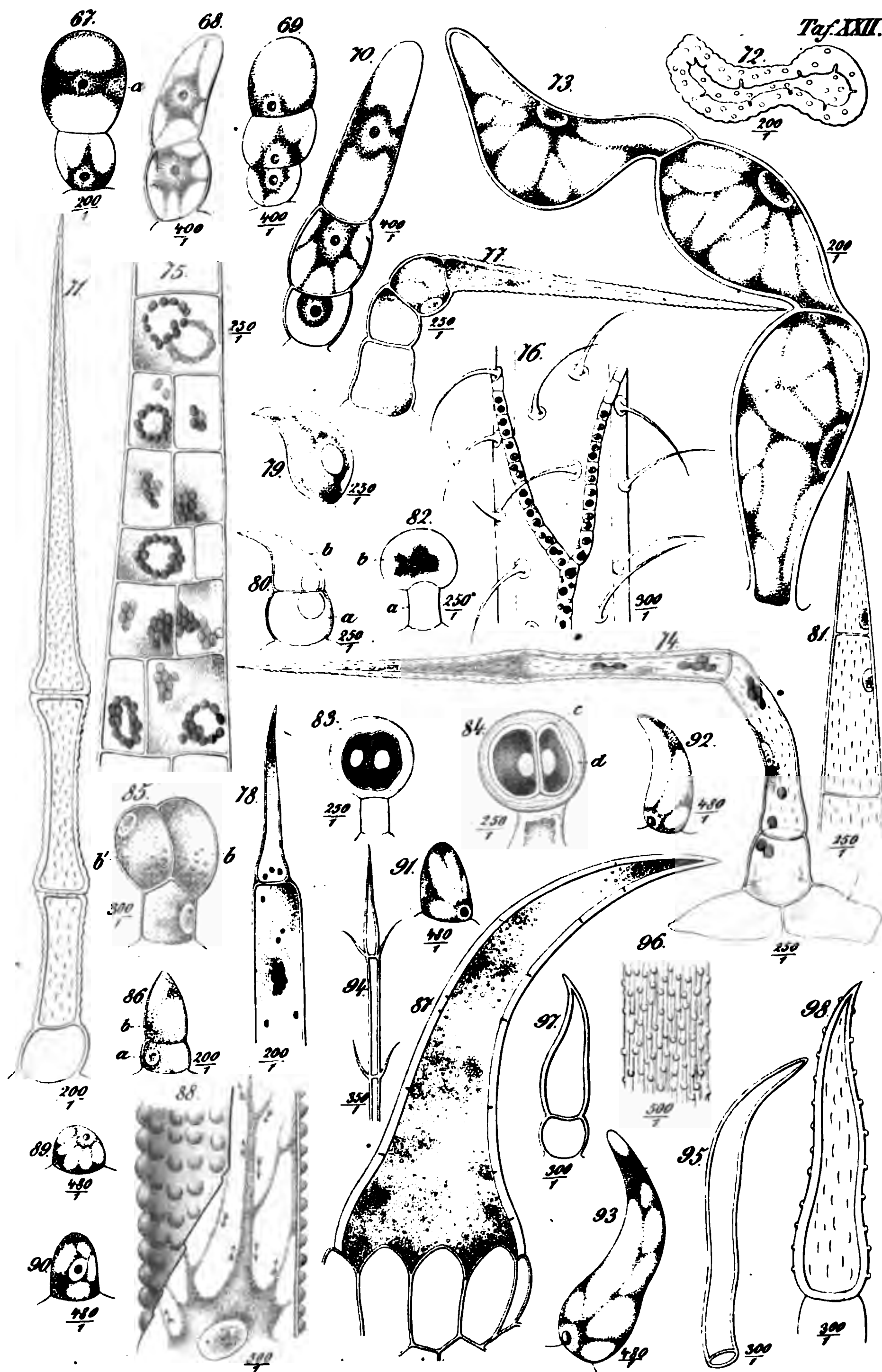
Taf. XXI.



A. Weiss del.

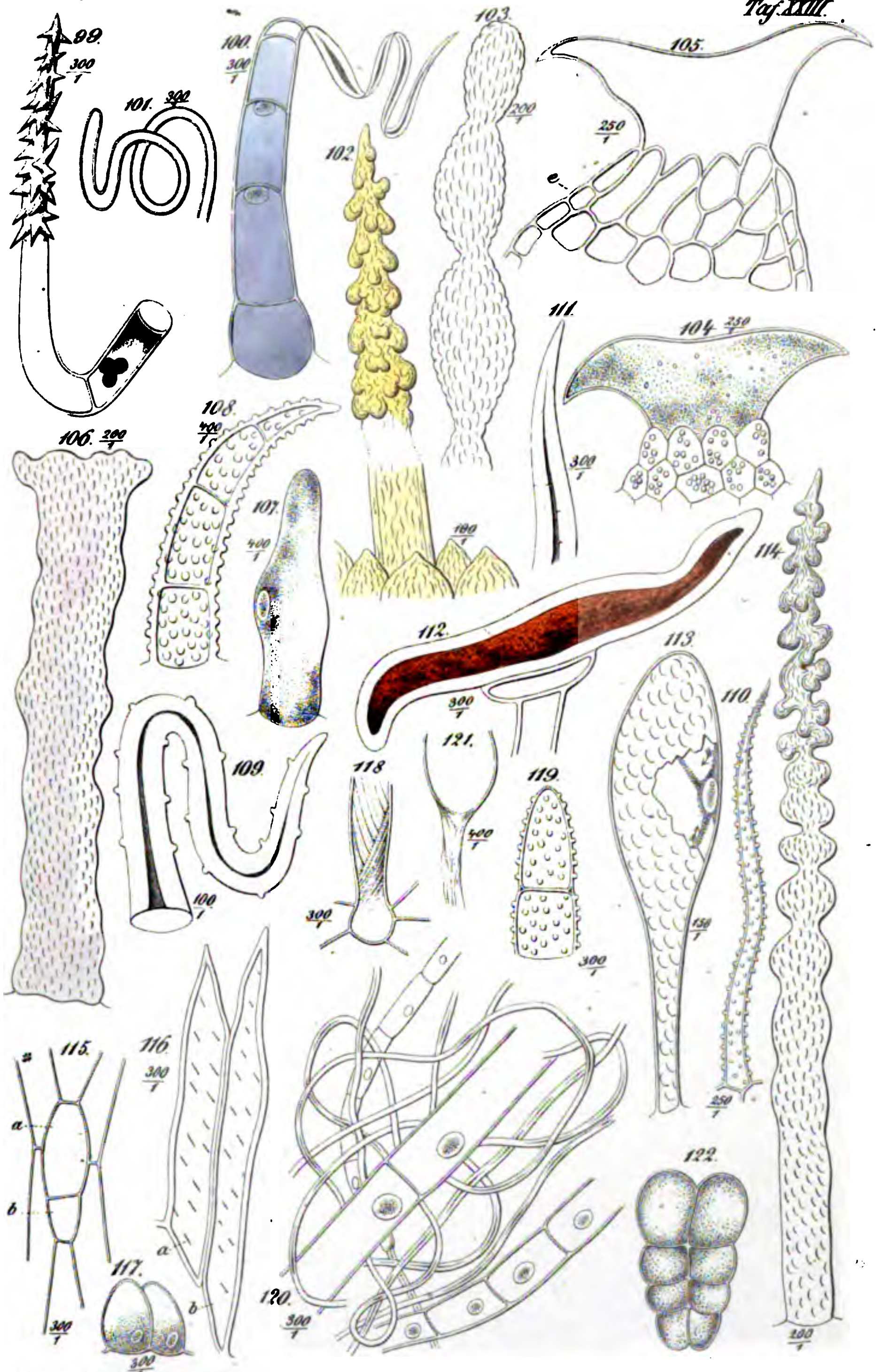
C. F. Schmidt lith.

Taf. XXII.



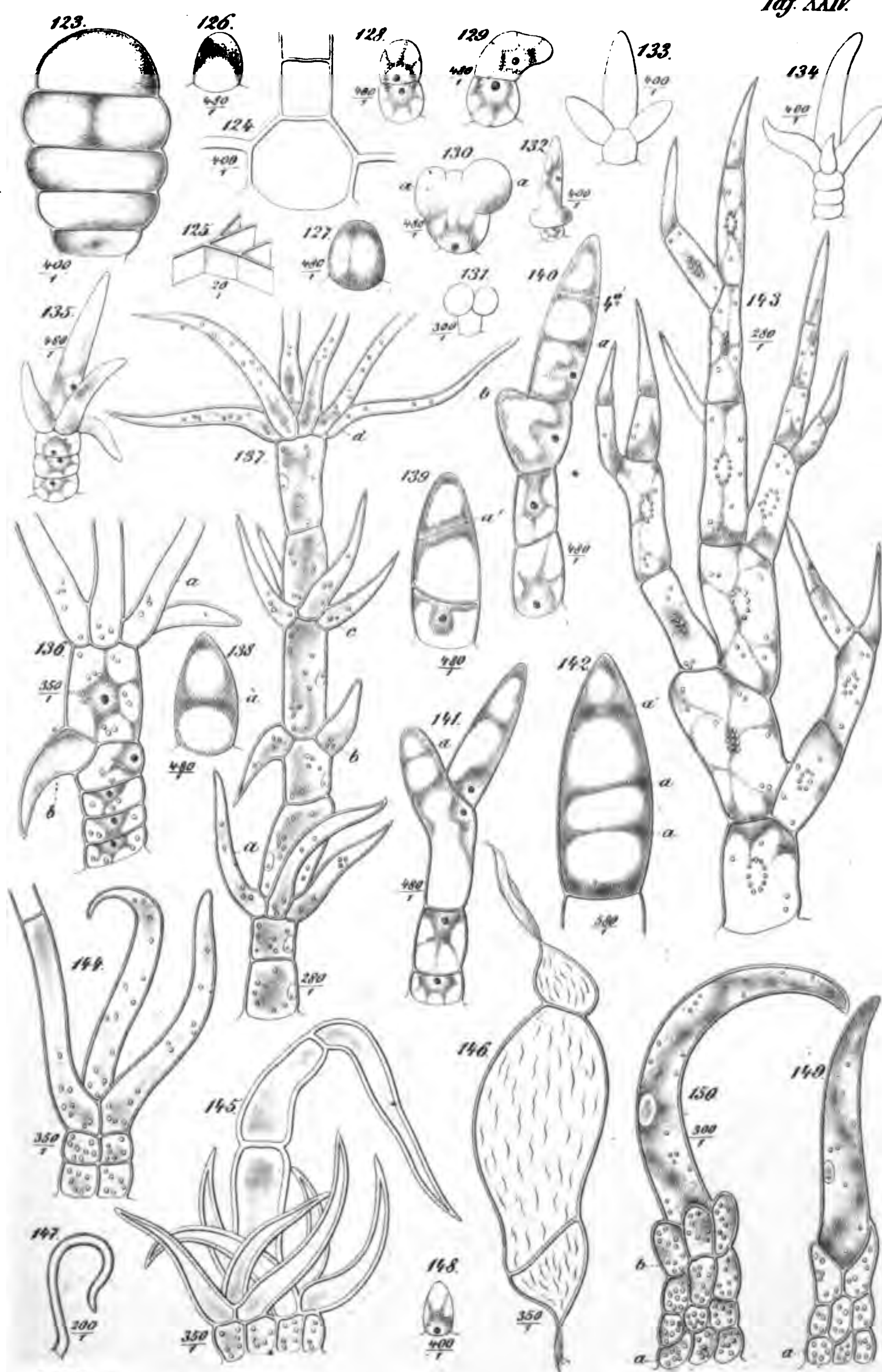
A. Weiß del.

C. F. Schmidt lith.



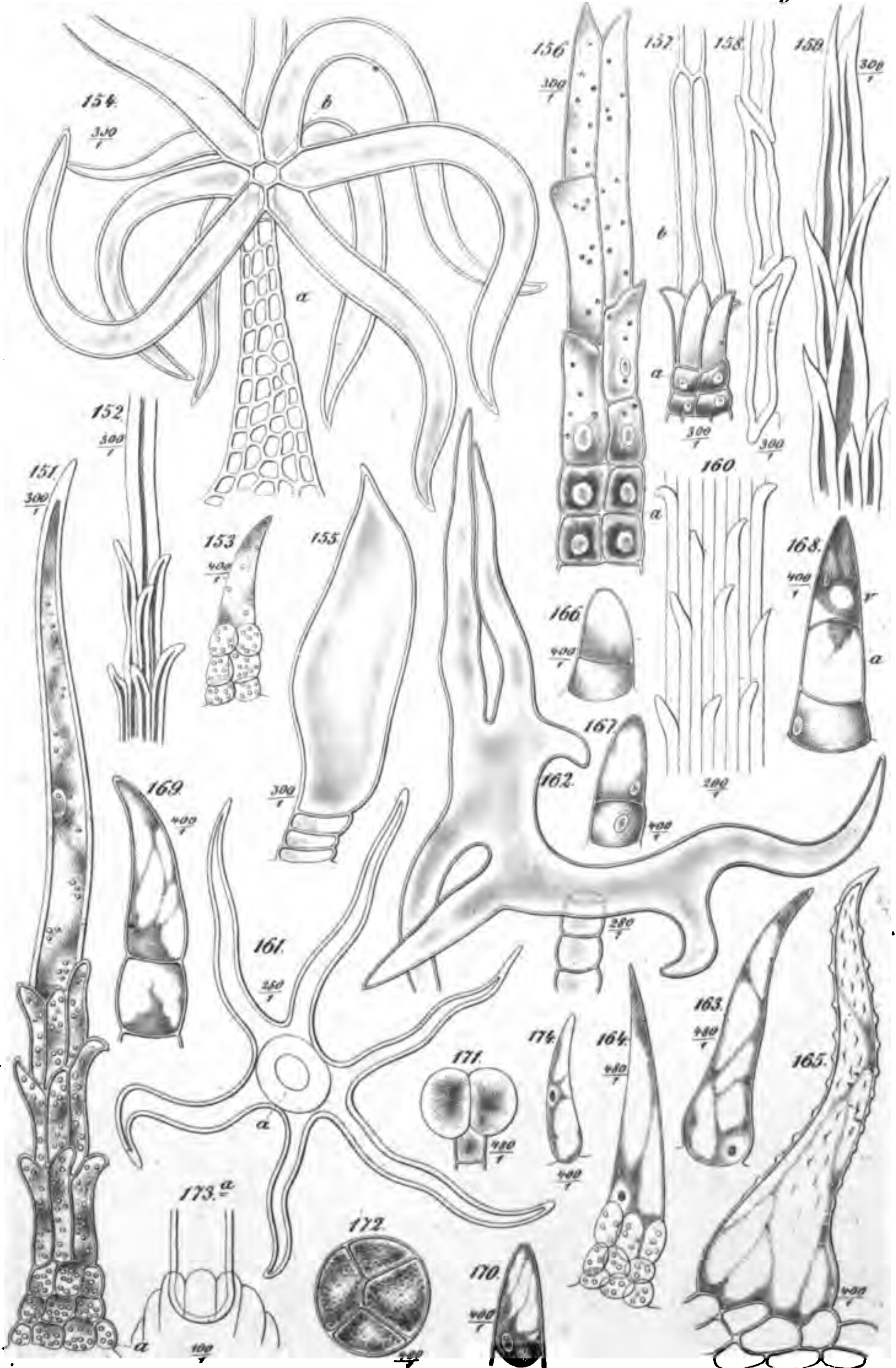
A. Weiss del.

C. F. Schmidt, lith.



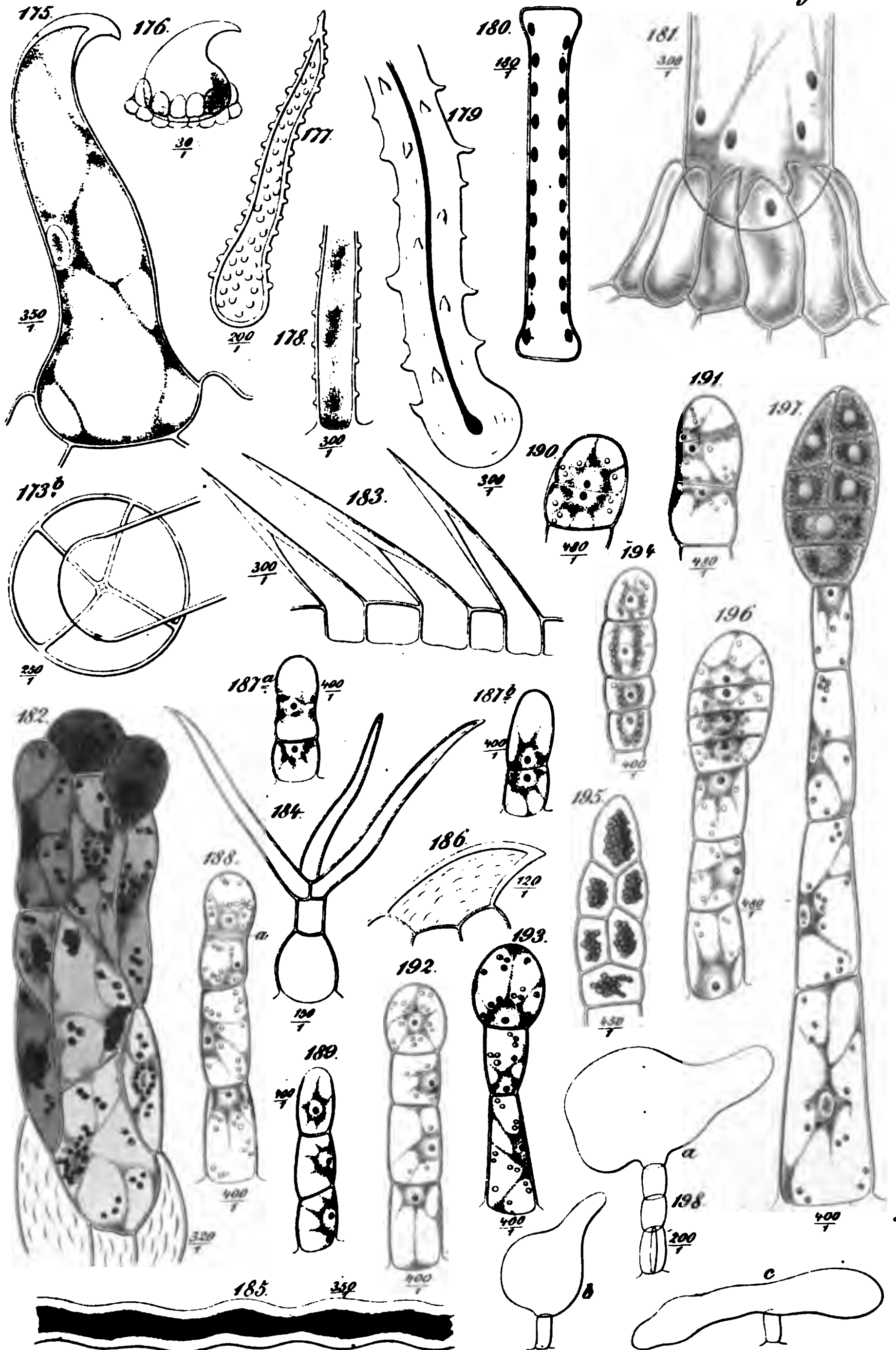
A. Weiß del.

C. F. Schmidt lith.



A. Weiß del.

C. F. Schmidt lith.



A. Weiß del.

C. F. Schmidt lith.

Botanische Untersuchungen

aus dem

physiologischen Laboratorium

der

landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin.

Mit Beiträgen

deutscher Physiologen und Anatomen.

Herausgegeben

von

H. Karsten.

Fünftes und Sechstes Heft.

Berlin.

Verlag von Wiegandt und Hempel.

1867.

Botanische Untersuchungen

aus dem

physiologischen Laboratorium

der

landwirthschaftlichen Lehranstalt in Berlin.

Mit Beiträgen

deutscher Physiologen und Anatomen.

Herausgegeben

von

H. Karsten.

Band I.

Mit 33 lithographirten Tafeln.

Berlin.

Verlag von Wiegandt und Hempel.

1867.

Inhalt.

Seite

Druckfehler-Verzeichniss.

Seite 89 Zeile 6 von oben: „Vegetationsperiode“ soll heissen „Vegetationsruhe“.
Seite 109 Zeile 8 von unten: „Mooskeime“ soll heissen „Moosblume“.

der entstandenen Zelle einnehmen, wird die Scheidewand vollendet. Die Membran der Mutterzelle überspannt anfangs nur noch in Form eines dünnen Häutchens den Intercellularraum und verschwindet nach und nach vollständig. Die obere der beiden Tochterzellen streckt sich nun vorzugsweise in die Länge; es beginnt in derselben der Theilungsprocess auf's Neue und wiederholt sich bis zur völligen Ausbildung des Haares.

Am Fruchtknoten von Teucrium Scorodonia finden sich starke Haare vor. Die über die Oberhautzellen hervortretende primäre Mutterzelle derselben hat eine beinahe vollkommen kugelförmige Gestalt. Dieselbe ist an den Wänden mit einem höchst feinkörnigen Plasma bedeckt und enthält einen mehr oder weniger in's Centrum gerückten Zellkern. Derselbe theilt sich in ganz ähnlicher Weise wie bei Geranium Robertianum. Mit der Theilung des Zellkerns beginnt die Einschnürung des Primordialschlauches und schreitet stetig fort, ohne dass man noch an den Kernen eine Trennung bemerkt; der Primordialschlauch zeigt hier ganz dasselbe Verhalten wie bei der vorigen Pflanze. Die Ausscheidung der Zellstoffhülle beginnt bei Teucrium gleichfalls schon sehr bald und es lässt sich dieselbe schon nachweisen, wenn sie erst in Form einer einfachen, über den Mutterzellraum verlaufenden Linie auftritt. Auf Anwendung von Chlorzinkjodlösung zieht sich der Inhalt, umschlossen vom Primordialschlauche, zusammen und es bleibt die junge, in der Bildung begriffene Membran stehen, löst sich aber bald durch die Einwirkung des Reagens. Die Zellkerne sind auf dieser Entwickelungsstufe in der Regel wenig aus einander gerückt; hier und da liegen sie aber auch noch mit ihren Seiten an einander. Die Verdickung der jungen Zellstoffhülle geschieht ganz so wie bei Geranium. Die Mutterzellhaut bleibt indess länger stehen als dort und so sieht man die Anlagerung der neu entstandenen Membran an diejenige der Mutterzelle im Anfange des Verdickungsprocesses ganz deutlich. Die beiden jungen Zellen behalten ihre halbkugelförmige Gestalt während dieser Zeit so ziemlich bei. Später verschwindet die Mutterzellhaut nach und nach und es dehnen sich letztere, namentlich die untere, mehr und mehr in die Länge. Die obere behält ihre kugelige Gestalt bei und wird zum Heerde neuer Bildungsprocesse. Die Form der voll entwickelten Zellen ist die

eines etwas gekrümmten Cylinders, welcher am unteren Ende eine kugelige Anschwellung trägt. Nur die Endzelle des Haares nimmt eine mehr kegelförmige, sonst ähnliche Gestalt an.

Wichura*) berichtet über die Drehung von Pflanzenhaaren und zeigt, dass sie z. B. bei Luzula und Carex stets nach rechts gedreht sind.

Caspary**) hat eine ganz vortreffliche Darstellung der Haarformen von Aldrovanda vesiculosa geliefert. Die Lamelle des Blattes ist nach ihm mit fünferlei verschiedenen Haaren besetzt, und zwar 1) glatte, kegelförmige Haare, die nichts ausscheiden, daher keine Drüsen, auch nicht drüsenartig sind. Sie entstehen, indem sich auf einer Zelle, welche in der Ebene der obersten Zellschicht des Blattes liegt, ein Stiel erhebt, der oben viel breiter ist als unten und aus zwei Zellen besteht. Auf dessen gewölbter Oberfläche sitzen 2 Zellkreise, ein innerer, stets vierzelliger, und ein äusserer, meist 8zelliger. Die Wände der 4 inneren Zellen stehen stets so, dass 4 Wände der Zellen des äusseren Kreises ihre directe Fortsetzung bilden. 2) Sehr lange spitzige Haare. Auf zweizelliger Basis, die in der Fläche der obersten Zellschicht liegt, erheben sich 4—5 Stockwerke von Zellen, davon jedes aus 2—4 gebildet erscheint. 3) Vierarmige Haare. Auf zweizelligem Stiele liegen 4 Zellen parallel zur Blattfläche, bisweilen jedoch nur 3, indem die eine derselben nicht weiter getheilt ist. 4) Stachelartige, gerade, inhaltsleere Haare mit sehr breiter Basis. Meist wechselt ein langes Haar mit einem kurzen ab. Gemeinsam auf dem Blatte und Stamme finden sich noch 5) Zweiarmige Haare. Ihr Stiel ist 4—6zellig und kurz. Die 2 untersten Zellen des Stieles liegen in der obersten Zellschicht des Organes, worauf das Haar sich befindet. Sie fallen oft früh ab und lassen den Stiel allein zurück.

Von diesen Haarformen hat Caspary die zweiarmigen genauer hinsichtlich ihrer Entwickelung untersucht. Es erhebt sich eine Zelle der Oberhaut papillenartig über die anderen. Diese theilt sich indess nicht durch eine horizontale Wand, sondern durch eine senk-

---

*) Wichura, Sitzung der schlesischen Gesellschaft für vaterländische Cultur in Breslau. 1859, 14. Februar.

**) Caspary, R., Aldrovanda vesiculosa Monti. Botanische Zeitung 1859. S. 117 ff. Taf. IV. und V. Auch in seiner Arbeit „De nectariis“ finden sich Bemerkungen über Haare an Blüthentheilen.

rechte in 2 Zellen. Jede dieser Zellen theilt sich abermals durch eine etwas schiefe Wand in 2 Zellen. Die beiden obersten dieser Zellen theilen sich durch eine horizontale Wand, so dass jetzt 6 Zellen da sind. Entweder geht die Theilung nun nicht weiter, was der seltenere Fall ist, und die beiden obersten Zellen dehnen sich gleich zu den fast cylindrischen Armen aus, so dass die 4 darunter stehenden den Stiel des Haares bilden, oder von diesen 4 Stielzellen theilen sich die beiden obersten noch einmal durch eine horizontale Wand. Der letzte Fall ist der gewöhnliche. So ist das Haar eigentlich 6—8 zellig, jedoch sind diese Zellen nicht gleich an Inhalt, nämlich die 4 oder 6 obersten enthalten kein Chlorophyll, sondern körnige, farblose Stoffe, während die beiden untersten Chlorophyll enthalten und somit den übrigen Zellen der äussersten Schicht, worauf das Haar sitzt, gleich sind. Während der Zelltheilung sind viel farblose Proteïnkörper und ein centraler, das Licht stark brechender Kern in den Zellen des Haares bemerkbar.

Auf Blatt und Stengel bilden sich die Haare nicht gleichzeitig. Einzelne sind schon fertig, während neben und zwischen ihnen noch andere entstehen.

Schacht*) erwähnt, dass die Haare des Epithelium**) und des Epiblema einzellig und nur selten verzweigt sind, dass man die Drüsenhaare der Droseren nicht als wirkliche Haare, sondern als zahnartige, mit einem Gefässbündel versehene Fortsätze des Blattrandes ansehen müsse, und dass die Starrheit und Zerbrechlichkeit der Spitze der Brennhaare bei Urtica durch einen in Aetzkali löslichen Stoff bedingt werde, der vielleicht dem Holzstoffe verwandt sei. Die Borsten sind nach ihm dickwandige, verholzte, die Schuppen vielzellige, kurzgestielte Haare. Letztere hat er in einigen Fällen auch bezüglich der Entwickelungsgeschichte untersucht. Bei Mimosa pudica gedenkt er ausser der gewöhnlichen einzelligen und der Drüsenhaare noch eigenthümlicher anderer, die im unteren Theile aus zahlreichen parallel neben einander liegenden bastähnlichen, an

*) Schacht, H., Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Berlin. I. Band. 1856. S. 279 ff. II. Band. 1859. S. 497.

**) Durchaus nicht richtig, die meisten Epithelialhaare sind mehrzellig, dazu nicht selten Köpfchenhaare.

beiden Enden zugespitzten Zellen bestehen, an der Spitze aber mit einer langen Haarzelle endigen.*)

Nitschke hat ausführlich über die Haare der Drosera rotundifolia gehandelt. Schon in seiner ersten Arbeit**) erklärt er die Randdrüsen als integrirende Blatttheile (Grönland) und nicht als Haare und erörtert in einer zweiten***) die von De Candolle entdeckte Reizbarkeit derselben, welche auch Meyen bestätigt hatte. Nach Nitschke sind die Köpfchen der Drüsen immer nach dem reizenden Gegenstande gewendet, ja berühren ihn geradezu, und die Drüsenstiele krümmen sich dabei stets in einem Bogen. Durch einfache Berührung vermochte Nitschke keine Bewegung der Drüsen zu veranlassen, dagegen reizten Schwefel-, Salpeter- und Chlorwasserstoffsäure die Blätter der Pflanze. Anstechen, Electricität und Anbrennen reizte sie nicht, ebensowenig Aether, Strychnin, Alkohol etc. In zwei späteren Arbeiten †) erörtert er den Bau der Drüsenanhänge und anderer Haare der Pflanze.

Die auf beiden Blattflächen zahlreichen Haare gleichen durchaus den zweiarmigen Haaren bei Aldrovanda. Die beiden grossen Kopfzellen derselben fallen ab, es bleiben nur die 2 Stielzellen, die man, von oben betrachtet, leicht für geschlossene Spaltöffnungszellen halten könnte. Auch an den Stielen der grösseren Drüsenanhänge sind diese Haare sehr häufig. Ihre beiden zwischen den Oberhautzellen liegenden Basalzellen führen Chlorophyll, seltener die beiden über die Epidermis sich erhebenden Stielzellen, dagegen enthalten sie, wie die oberen Kopfzellen oft einen öligen, gelb bis gelbbraun gefärbten Inhalt, auch wohl, „als Umwandlungsproduct" des Chlorophylls, rothen Farbstoff.

---

*) Es sind dies Haare, wie sie alle Mimosen tragen. Ich habe sie Taf. XXV. Fig. 151 abgebildet.

**) Nitschke, Th., Wachsthumsverhältnisse des rundbl. Sonnenthaues. Bot. Zeitung 1860. S. 57 ff und Taf. II.

***) Nitschke, Th., Ueber die Reizbarkeit der Blätter von Drosera rotundifolia. Bot. Zeitung 1860. S. 229 ff.

†) Nitschke, Th., Morphologie des Blattes von Drosera rotundifolia. Botan. Zeitung 1861. S. 145 ff., und Anatomie von Dros. rotundif. Botan. Zeitung 1861. S. 233 ff. und Taf. IX. An die erste dieser Arbeiten hat sich eine Polemik mit Caspary geknüpft (Bot. Zeitung 1861. S. 182 ff. 221 ff. 278 ff. 305 ff.).

Nach Grönland*) zeigt das Köpfchen der grossen Drüsenanhänge auf einem Querschnitte grosszellige Epidermis ohne Stomata, mit farblosem Inhalte oder spärlichen Chlorophyllkörnern — darunter kleinzelliges Parenchym von rothem Inhalte, und in der Mitte 8—12 grosse Spiralfaserzellen, die, ebenfalls mit farbloser Flüssigkeit erfüllt, das centrale Gefäss umgeben, und Trécul,**) der im Gegensatze zu Grönland die Anhänge als Epidermoidalbildungen anspricht, hat die Verschiedenheit im Baue dieser Organe an den verschiedenen Pflanzentheilen gezeigt.

Nach Nitschke sind die oberständigen Anhänge, wie er die auf den Blattflächen im Gegensatze zu denen des Blattrandes nennt, morphologisch von gleicher Beschaffenheit, und es gehen alle Elemente der Blattfläche in die Bildung des Stieltheiles ein. Die kurzen Oberhautzellen an der Basis erreichen im weiteren Verlaufe des Stieles bald eine Länge, die ihre Breite um das 4fache übertrifft. Die Parenchymzellen umgeben meist nur in einfacher Schicht das centrale Gefässbündel, das in der Regel nur aus einem einzigen Gefässe mit eng gewundener Spirale besteht. Es führt Luft und stellt einen aufsteigenden Zweig des Gefässbündelsystems der Blattfläche dar. Dicht unter dem Drüsenköpfchen werden Parenchym und Oberhautzellen wieder kürzer, ohne indess einen Uebergang in das deutlich abgesetzte Gewebe derselben zu bilden. Ursprünglich enthält das Parenchym in allen Theilen des Stieles Chlorophyll, desgleichen die Oberhautzellen. Später ist es durch einen schönen rothen Farbstoff ersetzt. Derselbe ist ein directes Umwandlungsproduct des Chlorophylls, welches, sich zunächst auflösend (?), dann durch alle Nüancen von Grün in Roth übergeht. Bei Blättern von im Schatten gewachsenen Pflanzen bleiben die Stiele grün. — Das Köpfchen ist sehr complicirt gebaut. Bis auf das aus dem Stiele unmittelbar in das Innere desselben sich fortsetzende Gefäss sind alle Gewebstheile des Köpfchens gegen den Stiel scharf abgegrenzt, so dass man es gewissermaassen als selbstständiges Organ betrachten muss. Durch Alkohol, Säuren und Maceration kann man seine Theile schön blosslegen. Die Epidermis desselben besteht aus sehr kleinen, zarten Zellen, trägt nie Haare oder Stomata. Dieses

*) und **) Siehe S. 465. 466.

Epithelium umschliesst das ganze Organ, die Berührungsstellen mit dem Gewebe des Stieles natürlich ausgenommen. Unter dem Epithelium liegt eine Parenchymschicht von langgestreckten Zellen, welche eine einfache, unten gleichfalls offene und hier zugleich glockenförmig erweiterte, sehr zierliche Hülle bildet, welche die grössere obere Hälfte des centralen, von Spiralfaserzellen gebildeten Kernes eng umschliesst, nach unten aber, d. h. also nach dem Stiele zu sich öffnet und noch deutlicher als das Epithelium gegen das Stielgewebe sich abgrenzt. Das Centrum des Organes — ein regelmässig eiförmiger Körper — besteht aus spindelförmigen Spiralfaserzellen, deren Spirale bei den mehr dem Rande genäherten Anhängen etwas enger als bei den mittleren gewunden ist. Das Gefäss des Stieles verläuft bis etwa in die Mitte dieses Kernes, wo es oft in eine längere Spitze endet. Der Inhalt der Spiralfaserzellen ist farblos.

Die randständigen Anhänge erscheinen schon der morphologischen Betrachtung als integrirende Bestandtheile der Blattfläche. Diese ist buchtig ausgerandet und der zwischen je 2 Ausbuchtungen befindliche Theil ist zu dem Stiele der sogenannten Randdrüsen ausgezogen, daher ist dieser Stieltheil anatomisch von der Blattfläche nicht verschieden (?).*) Der obere fast haarförmige Theil des Stieles erweitert sich unter seiner Spitze abermals ein wenig zu einer länglich, verkehrt eiförmigen Platte. Oberhaut und Parenchymzellen der oberen Seite des Anhanges verkürzen sich vor dieser Erweiterung, während diese Gewebe auf der Unterseite sich unverändert fortsetzen. Die Platte selbst besteht nur aus 2 Zellschichten, wovon die äussere der Oberhaut, die darüber befindliche der Parenchymschicht des Stieles auf dessen Unterseite entspricht. In der Vertiefung der Platte ruht das Drüsenorgan. Es besteht aus einem Kerne von spindelförmigen Spiralfaserzellen und ruht auf der Unterseite unmittelbar auf dem Gewebe des Plattentheiles respective dessen Parenchymschicht; auf der Oberseite wird es von einer ein-

*) Der Unterschied zwischen oberständigen und Randdrüsen ist so wenig durchgreifend, dass man nach Nitschke auch die ersteren entschieden nicht für Haare, sondern für Blattorgane erklären müsste. Ich werde übrigens in einer bereits halb fertigen Arbeit zeigen, dass bei gesägten, gezähnten etc. Blättern die Zähne ausserordentlich häufig nur durch gewöhnliche oder Köpfchenhaare hervorgebracht werden.

fachen Schicht gestreckter Zellen bedeckt. Das Gefäss des Stieles verläuft in der Platte bis etwa unter die Mitte des Drüsenorganes und tritt hier in den Spiralfaserkern der Drüse ein, wo es, gleichsam eingekeilt, endet. Epithelium und Parenchym sind auch hier von roth gefärbtem, die Spiralfaserzellen von farblosem Inhalte.

Der Hauptunterschied ist daher, dass bei den oberständigen Drüsen sich das Gewebe des Stieles in einer und derselben Höhe des Anhanges gleichmässig in das entsprechende der Drüse umsetzt, während bei den randständigen sich das Stielgewebe nur einseitig auf der Oberseite in Parenchym und Epithelium der Drüse umgebildet hat, auf der Unterseite dagegen unverändert bleibt.

Die oberständigen Drüsen der ersten, sehr kleinen Laubblättchen der Keimpflanze sind nahezu kugelig, desgleichen der aus nur wenigen, breiteren Spiralfaserzellen bestehende Kern. Alle Schichten sind weniger zahlreich, die glockenförmige Erweiterung am Grunde der Drüse fehlt. Bei den Randdrüsen erweitert sich das Ende des Stieles zu einer kreisrunden, scheibenförmigen, oben nur wenig ausgehöhlten Platte, auf deren Mitte das kugelrunde, kleine Drüsenorgan etwa wie ein Apfel auf einem flachen Teller ruht.

Ueber die Haarbildungen des Blattstieles bemerkt Nitschke Folgendes: Auf der Oberseite desselben und zwar nur oberhalb des Blatthäutchens sind Haare, welche einfach aus 2 Reihen lang cylindrischer, gegenseitig sich abplattender Zellen von oben etwas geringerem Durchmesser als unten bestehen. Das ganze Haar ruht auf 2 kurzen, den Epidermiszellen entsprechenden Basalzellen und ist überhaupt aus 8—12 und mehr Zellen von farblosem Inhalte zusammengesetzt. Da die Zellen der beiden Reihen meist in verschiedener Höhe endigen, so wird die Spitze des Haares von der überragenden Zelle der einen Reihe gebildet. Am Stiele noch unentwickelter Blätter begegnet man weiteren Haarformen, welche einen Uebergang von den oben beschriebenen zu den bekannten Haaren der Blattfläche darstellen. Es sind nämlich die 2—4 Stielzellen der letzteren durch eine Doppelreihe von 6—8 Zellen vertreten, welche aber, wie jene, grosse kugelige Endzellen tragen, auch fand Nitschke die ganz gleichen Haare ohne die Kopfzellen, welche bereits abgefallen waren, vor. Noch weit complicirtere Haare sind ursprünglich ebenfalls von grossen Kopfzellen gekrönt. Ueberhaupt

sind Uebergänge der mannigfachsten Art von einer einfachen, einseitigen, sehr verlängerten Kopfzelle und reinen Köpfchen aufzufinden. Nebst allen diesen Haaren kommen an sehr stark behaarten Blättern noch solche vor, die an ihrer Basis aus 2—3 Zellen bestehen, weiter hinauf immer weniger Zellen besitzen und endlich mit einer einzelnen, seltener mit 2 kugeligen Endzellen endigen. An ihrer unteren Hälfte tragen diese Haare immer noch ganz einfache zweiarmige kurze Haare, wie sie auch die Blattfläche hat. Die grössten dieser Haare ähneln bereits sehr den oberständigen Drüsenanhängen, nur sind sie länger, da sie mit einer weit ausgezogenen Spitze endigen. Sie unterscheiden sich durch nichts als das Fehlen des Gefässbündels von den genannten Anhängen. Nitschke gesteht, dass selbst die Entwickelungsgeschichte, soweit er sie eben verfolgen konnte, zwischen den Blattanhängen und den zusammengesetzten Haaren der Pflanze keine scharfen Grenzen bietet. Trotzdem kommt er zu der Behauptung, dass Organe, welche aus deutlich gesondertem Parenchym und Oberhaut bestehen, welche Spaltöffnungen und Haare tragen, sich füglich nicht als Haare betrachten lassen, während andererseits durch alle Zwischenformen die Verwandtschaft aller Haarformen der Drosera unleugbar hervortrete. Nitschke schliesst, dass es in der That keine anderen als willkürliche Grenzen zwischen Haaren und Blatttheilen oder selbst ganzen Blattorganen gebe, eine Behauptung, welche Caspary mit Recht als ganz unstatthaft zurückwies.

Die Abbildungen Nitschke's, welche alle beschriebenen Formen umfassen, gehören zu den besten, die wir über Haare besitzen.

Kabsch*) glaubt zu finden, dass die Verkürzung der Staubfäden der Cynareen beim Reize und ihre Elasticität auf der Fähigkeit der papillösen Staubfadenhaare beruhe, sich beliebig in einander zu schieben oder von einander zu entfernen und dadurch die Cuticula mehr oder weniger anzuspannen. Die Wichtigkeit derselben für die Reizbarkeit gehe schon daraus hervor, dass dieselben nur bei denjenigen Gattungen in hervorragender Weise entwickelt sind, welche sich durch grössere Reizbarkeit auszeichnen; es keh-

*) Kabsch, W., Anatomische und physiologische Beobachtungen über die Reizbarkeit der Geschlechtsorgane. Botanische Zeitung 1861. S. 25 ff. und Taf. I.

ren Papillen und papillenartige Haare bei allen reizbaren Blüthenorganen so regelmässig und in so überraschend entwickelter Form wieder, dass Kabsch sich berechtigt glaubt, sie, wenigstens bei den Blüthenorganen, für die Hauptfactoren der Reizbarkeit derselben zu betrachten, obgleich es allerdings auffallend erscheine, dass dieselben bei anderen reizbaren Organen der Pflanze, als Blättern, Ranken etc., in keiner Weise wahrzunehmen seien. Später*) hat er die Sache noch weiter ausgeführt und auf andere Pflanzenfamilien zu übertragen gesucht.

An der Narbe von Stylidium-Arten fand er nach der Reife der Antheren die Papillen der Epidermis zu sackartigen Haaren ausgewachsen, und bei vielen Cistus-Arten den oberständigen Fruchtknoten an der Insertionsstelle der Staubfäden dicht mit eigenthümlichen Haaren besetzt, welche die Staubfäden von allen Seiten eng einschliessen und an der Basis zu 3, 4 und mehr verwachsen sind. Diese Haare entstehen in der Weise, dass sich eine Mutterzelle durch Einfaltung des Plasmas (Primordialschlauches) in 3 oder mehrere Zellen theilt. Diese vergrössern sich und jede von ihnen theilt sich in derselben Weise in 2 Zellen, von denen die äusseren zu Haaren auswachsen. Anfangs wachsen sie nach verschiedenen Seiten, wie Sternhaare, erst später wenden sie sich nach Einer Seite; die Zwischenwandung zwischen Mutter- und Tochterzelle wird resorbirt und erstere verdickt sich noch so, dass eine Knollenform entsteht. Den nicht reizbaren Cistus-Arten fehlen diese Haare an der Staubfadenbasis ganz, weshalb sie Kabsch für die eigentlich reizbaren Organe auch hier hält, während sich die Staubfäden ganz passiv verhalten sollen. Er denkt sich die Sache so, dass durch den mechanischen Reiz ein Niederlegen der Haare bewirkt wird und dadurch gewissermaassen ein Heruntersinken des seiner Stütze beraubten Staubfadens vermöge seiner eigenen Schwere erfolgt (?).

Die Epidermis des Blattkissens von Hedysarum gyrans ist mit dreizelligen Haaren bedeckt, welche aus einer rundlichen Wurzel-

*) Kabsch, W., Anatomische und physiologische Untersuchungen über einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche. Botanische Zeitung 1861. S. 345 ff. Taf. XIII. und XIV.

zelle, einer etwas längeren Stielzelle und einer 4—8mal so langen Endzelle bestehen. Die Wandungen dieser Zellen sind sehr verdickt und dicht mit Warzen bedeckt. Ausser diesen Haaren sind noch kleinere zweizellige oder hakenförmig gebogene Haare vorhanden, welche eben nur jüngere Stadien der ersteren zu sein scheinen. Zwischen den Zellen der Epidermis drängen sich Schläuche mit besonderen Wandungen hindurch, welche wahrscheinlich in der innigsten Beziehung zur Reizbarkeit stehen.

Die beigegebenen Abbildungen der Haare sind unvollkommen, insbesondere ist die Wiedergabe ihrer Insertionsstellen in die Epidermis verfehlt.

In einer anderen Arbeit*) hat Kabsch über die Spiralen in den Samenschopfhaaren der Asclepiadeen Beobachtungen mitgetheilt. Ausser einem einfachen und doppelten Spiralbande finden sich noch alle Uebergänge zur Netz- und Ringfaser, woraus Kabsch schliesst, dass Schleiden's Ansicht der Entstehung der letzteren aus dem Spiralgefässe gegenüber Mohl's Behauptung die richtige sei. Er sagt, die Ringfaser wie die netzförmige Verdickung können in den Zellen aus der spiralförmigen hervorgehen und thun dies auch. Bei dieser Umwandlung zeigt sich aber der Einfluss benachbarter Zellen als wesentlich modificirend, wodurch namentlich die mannigfachen Formen der Netzfaser entstehen. Macht sich dieser Einfluss der Nachbarzellen schon bei Beginn der Entstehung von Verdickungsschichten geltend, so können Formen entstehen, die sich nicht mehr auf die Spiralfaser zurückführen lassen.

Die Spiralbänder der genannten Samenhaare trennen sich in einem gewissen Altersstadium von der primären Membran der Zelle. Die Streifungen sind hauptsächlich gegen die Basis der Haare zu zu beobachten, gegen die Mitte des Haares werden die Verdickungen langgestreckt, ganz gleich; zuerst treten 2—3 Längsbänder auf, zuletzt nur ein Band, parallel der Zellwandung verlaufend, bis auch dieses verschwindet. Der obere Theil der Haare ist meist frei von Verdickungsschichten. Aus jüngeren Zuständen schliesst Kabsch,

*) Ueber die Haare des Samenschopfes der Asclepiadeen. Botanische Zeitung 1863. S. 33 ff. Taf. I. Fig. 10—18. Bei Acanthaceen wurden Spiralfasern in den Haaren bereits 1843 von Kippist gefunden.

es würden als die Anfänge der secundären Verdickung der inneren Zellwand zuerst rundliche Zellstoffablagerungen entstehen und zwar in spiraliger Richtung. Diese Ablagerungen vergrössern sich bis zu einem gewissen Grade nach allen Richtungen, dann nur nach Einer; in dieser Richtung schmelzen sie zuletzt zusammen und bilden Spiralformen, eng gewunden oder mehr oder weniger aus einander gezogen, je nachdem die Haarzelle nach der Verdickung sich noch stark in die Länge ausdehnt oder nicht, was auch Valentin*) bereits aussprach.

Kabsch fand in den Haaren von Asclepias Douglasii 0,9198 pCt. Asche und in dieser 68,4 pCt. kohlensauren Kalk. Auch fand er oxalsauren Kalk in der Membran der Haare und es enthalten dieselben bei Asclepias Douglasii 1,0319 pCt. kleesauren Kalk, was vielleicht die Sprödigkeit derselben erklärt.

Wicke**) erwähnt, dass die Sternhaare von Deutzia scabra so vollständig mit Kieselsäure incrustiren, dass ihre Skelette in der Asche der Blätter nach der Behandlung mit Salzsäure unverändert wiedergefunden werden. Wicke schloss aus dem Umstande, dass die eigenthümlichen Körper in den Blättern vieler Pilea-Arten mit Kieselsäure incrustiren, ob nicht auch die Brennhaare der Nessel dies ebenfalls thäten und wirklich fand er das bei ihnen sowie bei den Loasen und zwar bereits in den allerjüngsten Haaren. Die Kieselsäure hat sich so gleichmässig abgesetzt, dass man eine Cellulosemembran zu sehen glaubt und doch sind die Haare trotz der Incrustation sehr elastisch. Auch die Haare von Humulus Lupulus sind mit Kieselsäure incrustirt, ausser ihnen zugleich ein Kranz von Zellen, der das Haar kokardenartig umgiebt; desgleichen zeigen die Haare von Solidago altissima, Galium Mollugo, die Samenhaare von Dolichos purpurea etc. ebenfalls Verkieselung ihrer Membran.

Mohl***) hat im Anschlusse an diese Arbeit weitere höchst instructive Beobachtungen mitgetheilt. Nach ihm bildet die Kieselerde häufig in der Umgebung der Haare eine mehr oder weniger

---

*) Valentin, Repertorium für Anatomie und Physiologie. I. S. 88.

**) Wicke, W., Ueber das Vorkommen und die physiologische Verwendung der Kieselsäure bei den Dicotylen Botanische Zeitung 1861. S. 97 ff.

***) Mohl, H. v., Ueber das Kieselskelett lebender Pflanzenzellen. Botanische Zeitung 1861. S. 209 ff. — und Nachtrag zu dieser Arbeit. Botanische Zeitung 1861. S. 305 ff.

schar umschriebene Scheibe, welche beim getrockneten Blatte häufig unter der Form eines weissen und porzellanartig aussehenden Knötchens erscheint (Borragineen, Synanthereen etc.), auch ist nicht zu zweifeln, dass eine vollständige Durchdringung der Zellwand mit Kieselerde stattfinde.

Der obere, in ein schief aufgesetztes Köpfchen sich endigende Theil der Brennhaare von Urtica dioica ist so stark verkieselt, dass er der Einwirkung von Schwefelsäure vollständig widersteht, während der untere, weniger stark verkieselte Theil in derselben aufquillt. Der obere Theil ist daher auch sehr spröde.

Die verkieselten Zellen sind übrigens keineswegs todt, sie können häufig noch vor der Vollendung ihres Wachsthums verkieseln (Deutzia scabra, Sternhaare).

Die Haare bilden mehr oder weniger das Centrum, von dem aus die Verkieselung der Epidermis vor sich geht; bei vielen Pflanzen beschränkt sich die Ablagerung der Kieselerde auf die Haare allein (Ficus Joannis, Urtica excelsa, lusitanica, hispida, dioica etc.), gewöhnlich fällt sie dort mehr auf (Deutzia scabra, Rubia tinctorum, Galium Aparine, Parietaria erecta, Elymus arenarius). Oft bildet sich um die Haare eben nur eine verkieselte Scheibe (Cerinthe aspera, minor, Echium vulgare, fruticosum etc.), wodurch die Blätter dem blossen Auge mit harten Knötchen bedeckt erscheinen. Nicht selten verkieselt später auch die Epidermis zwischen den Scheiben (Urtica dioica etc.).

In den Zellen, welche die verkieselte Haarscheibe bilden, findet sich häufig ein cystolithenartiger, von kohlensaurem Kalke durchdrungener, weiss gefärbter Körper (Echium vulgare). Die kalkartige Masse füllt hier oft den unteren Theil der Höhle der Haarzelle unter der Form von unregelmässigen, trichterförmig in einander steckenden, mit der Spitze gegen die Basis des Haares gewendeten Schichten, die eine, senkrecht auf ihre Fläche stehende, strahlige Streifung zeigen.

Sachs*) hat die Mohl'schen Untersuchungsresultate, sowie

*) Sachs, J., Ergebnisse einiger neuerer Untersuchungen über die in Pflanzen enthaltene Kieselsäure. Flora 1862. S. 33 ff. und 1863. S. 114 ff.

die Arbeiten von Wicke, Schulze,*) Meitzen**) etc. zu allgemeineren Schlüssen über die Rolle der Kieselsäure im Pflanzenleben vereinigt und kommt zu dem Resultate, dass die Verkieselung nicht in die Verknüpfung der eigentlichen Lebensprocesse eingreife, sondern gewissermaassen gleichgültig daneben hergehe. Zea Mays hat er fast ohne Kieselsäure zur vollkommenen Entwickelung gebracht.

Schumacher***) hat in seiner ideenreichen Schrift auch über Pflanzenhaare einige Daten gegeben. Nach ihm ist in der auswachsenden Zelle zuerst eine Saftströmung auf die auswachsende Stelle gerichtet, die in der Membransubstanz gerade jene Veränderungen hervorruft, welche zum Wachsen nöthig sind, d. h. jenen plastischen Zustand, welcher dem von innen nach aussen wirkenden Drucke leicht nachgiebt, ein Ausdehnen, das Wachsen, leicht möglich macht. Bei den Oberhautzellen mag die Verdunstung die erste Veranlassung zu einer solchen Strömung sein. Diese Saftströmung führt der Membran jene Stoffe zu, welche das Plastischwerden ihrer Substanz verursachen. In der einmal angelegten Ausstülpung der Haarzelle müsste die Strömung immer auf die Spitze gerichtet sein, denn nur an dieser findet das Weiterwachsen, die Verlängerung statt.

Leighton†) giebt einige Angaben über die Drüsen bei Acacia magnifica.

Sachs††) hat in seinen vortrefflichen Arbeiten vorzüglich schöne Entdeckungen bei den Wurzelhaaren gemacht, die Auflösung der Gesteine durch dieselben und das Verwachsen der Bodenstückchen mit denselben etc. erwiesen.

Bei den oberirdischen Haaren erwähnt er der Benetzung der Haare von untergetauchten Blättern von Lupinus Termis und Trifolium pratense durch Wasser, weil dadurch die Qualification der-

---

*) Schulze, M., Die Structur der Diatomeenschale etc. Verhandlungen des Vereins der preussischen Rheinlande XX. S. 1 ff.

**) Meitzen, J., Ueber den Werth der Asclepias Cornuti als Gespinnstpflanze. Göttingen 1862.

***) Schumacher, W., Die Diffusion in ihren Beziehungen zur Pflanze. Leipzig 1861. S. 265.

†) Leighton, W., On the gland of the Phyllodium of Acacia magnifica. Ann. and Magazine of natur. history. III. Ser. Vol. XVI. p. 12 ff. 1864.

††) Sachs, J., Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. Leipzig 1865. S. 169 ff. 159. 188 ff.

selben zur Aufnahme von Wasser erwiesen werde. Es wird indess die Aufsaugung grösserer Thaumengen nur bei sehr heissem Wetter etwas bedeutender sein, wenn nämlich die Wurzeln kein Wasser im Boden finden. Bei der Bethauung tragen die Haare der Blätter gewöhnlich eine ganze Reihe von Tropfen, die über einander sitzen, wie Perlen an einem Drahte. Die kleine Menge von Thauwasser, welches die Blätter aufsaugen, tritt wahrscheinlich durch die Haare und die Epidermis der Nerven in sie ein.*)

Unger**) sagt: Höher entwickelt als die Papillen stehen die Haare, welche bald als verlängerte Epidermiszellen (einfache Haare),***) bald als Gruppen von Zellen, die sich aus denselben hervorgebildet haben und die mannigfachsten Formen annehmen, bestehen (zusammengesetzte Haare). Ist hierbei, besonders am Grunde, eine grössere Anhäufung von Zellen wahrzunehmen, so werden daraus Zwiebelhaare, schwillt dagegen der Endtheil an, so werden sie kopfförmige Haare genannt. Werden die Haare dickwandig durch allgemeine oder partielle Verdickungsschichten, so werden sie steif und dadurch zu Borsten; kommt noch eine polsterförmige Unterlage dazu, worauf das steife Endhaar sitzt, so wird es zum Brennhaare.†) Kleine, gehäufte Zellgruppen, oder einzelne absondernde Zellen nennt man Drüsen. Zu den einfachsten Drüsen gehören jene Haare, welche ihre einfache Zellreihe mit einer oder mehreren Zellen schliessen, die als Aussonderungsorgane fungiren und bei verschiedenen Pflanzen verschiedene Stoffe absondern (Cistus creticus, die Haare gut abgebildet). Von den zusammengesetzten Drüsen hebt Unger die oberflächlichen Drüsen††) des Hanfes und Hopfens hervor.

Ueber Haare an Pilzen und Flechten hat de Bary geschrieben.†††)

*) Deshalb stehen wohl auch, zur Cumulirung des Effectes, fast immer die meisten und stärksten Haare auf den Nerven.

**) Unger, F., Grundlinien der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. Wien 1866. S. 65. 77. 80.

***) Das Fig. 69 unvollkommen abgebildete Haar von Verbascum Thapsus ist kein einfaches, sondern vielzelliges (man vergleiche meine Fig. 137, Taf XXIV.)

†) Abgebildet ist Fig. 71 sehr hübsch ein Brennhaar von Urtica dioica.

††) Das Wort Drüse ist bei Haargebilden entschieden zu verwerfen, es sind dies keine Drüsen, will man nicht eine Definition für diese substituiren, die eben dem Sinne des Wortes nie entsprechen kann.

†††) Bary, A. de, Morphologie der Pilze, Flechten u. Myxomyceten. Leipzig 1866.

Ich selbst*) habe bei meinen Untersuchungen über die Entwickelung des Farbstoffes in Pflanzenzellen dieselbe auch in vielen Fällen für Haare gegeben, sowie in früheren Arbeiten derselben öfter gedacht**) auch den Uebergang derselben in sogenannte squamae nachgewiesen.***)

III. Eigene Beobachtungen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, habe ich im Folgenden zunächst den Vorgang der Zellvermehrung bei der Bildung der Gliedzellen mehrzelliger Haare nicht überall, wo ich ihn vollständig beobachtete, auch ausführlich beschrieben. Es genügte, bei den ersten Fällen eingehender der Sache zu gedenken; in den folgenden habe ich mich ganz kurz fassen können, da der Vorgang in seinen wesentlichen Punkten überall völlig der gleiche ist; ich habe da nur das aufgenommen, was etwa in irgend einer Richtung noch einen Schritt weiter führte. Den Ausdruck Zelltheilung wollte ich vorläufig beibehalten, obgleich 10jährige Beobachtung mich eine von der gangbaren Vorstellung der Zellvermehrung wesentlich andere Deutung der Vorgänge anzunehmen zwang. Ob sich dieselbe bestätigt, wird die Zukunft lehren, jedesfalls glaube ich aber, dass man die dermalen herrschende Ansicht darüber bald wesentlich zu ändern gezwungen sein wird, nachdem die alte Zellenlehre, der sie entsprang, durch die epochemachenden Entdeckungen der letzten Jahre bis in ihre Grundvesten erschüttert worden ist.

Fast jede Pflanze trägt an ihren verschiedenen Theilen, falls diese überhaupt behaart sind, verschieden gebaute oder mindestens verschieden lange Haare. Es würde zu weitläufig und völlig zwecklos gewesen sein, wenn ich bei jeder Pflanze, die ich im Nachfolgenden behandle, auch alle diese Differenzen angegeben hätte; ich that es nur dort, wo es im Verlaufe der Arbeit weiteren Nutzen

*) Weiss, A., Untersuchungen über die Entwickelung des Farbstoffes in Pflanzenzellen. I. Abth. Sitzungsberichte der kaiserl. Academie 1864. Bd. 49. (Mit 3 Taf.) II. Abth. 1866. Bd. 54 (Mit 4 Taf.).

**) Weiss, A, und Wiesner, Sitzungsberichte d. Wiener Academie 1861. Bd. 44. — Studien aus der Natur. Troppau 1857 etc.

***) Weiss, A., Ueber Gireoudia manicata. Verhandl. der k. k. zoolog. botan. Gesellschaft in Wien 1858. VIII. S. 9 ff.

gewährte und beschränkte mich in den anderen Fällen lediglich darauf, dass ich die eine oder die andere charakteristische Haarform heraushob.

Die Anordnung der Pflanzen habe ich nicht nach natürlichen Familien, sondern nach dem Charakter der Haare getroffen, die ich an ihnen besonders in Untersuchung zog. Ich unterscheide gewöhnliche Haare und Köpfchenhaare;*) den Ausdruck Drüsenhaare habe ich nie gebraucht, noch weniger die Köpfchen tragenden Haare als gestielte Drüsen oder als Drüsen überhaupt bezeichnet, weil diese Benennungen sie einmal nominell von den gewöhnlichen Haaren trennen, was unstatthaft ist und weil sodann der Name Drüse in der Histologie ohnehin mit Recht nur auf die inneren Secretionsbehälter angewendet werden sollte.

Da es in diesem speciellen Theile zu weit geführt haben würde, wenn ich die Beobachtungsresultate gleich combinirt hätte, statt eben nur das an der betreffenden Pflanze Beobachtete zu geben, ohne es durch die Ergänzungen, welche die Untersuchung anderer Gewächse lieferte, gleich zu vervollständigen, habe ich im vierten und letzten Theile der Arbeit das Allgemeine über Pflanzenhaare wenigstens ganz in der Kürze in seinen Hauptzügen zusammengefasst, so dass dieser und der letzte Abschnitt sich gegenseitig ergänzen und vervollständigen.

A. Gewöhnliche Haare.

Cucurbita Pepo *L.*

(Fig. 1—10.)**)

An der Oberseite der Blumenblätter stehen sehr lange, oft 50- und mehrzellige, wurmförmig gekrümmte Haare. Im erwachsenen Zustande (Fig. 7) sind sie 0,32—1,9 Mm. lang, an ihrer Basis 0,032—0,096—0,13 Mm. breit, selten verästelt, und erfüllt mit tief orange gefärbten Farbstoffkörnern, deren Durchmesser zwischen 0,0012 Mm. und 0,0023 Mm. schwankt. Dieselben sind gewöhnlich

*) Eintheilung und Definition der Haare, sowie Begründung derselben im 4. Abschnitte.

**) Taf. XX.—XXVII. wurden im Juli 1866; Taf. XXVIII.—XXXII. im November 1866 der Redaction zum Lithographiren eingesendet.

zu Klumpen geballt, und hüllen da die Cytoblasten (Kernzellen*) ein, oder aber sie liegen dicht an den beiden Grenzen einer mehr oder weniger starken, centralen Mittelzone von Protoplasma (Fig. 7).

Jodlösung färbt die Farbstoffkörner schön grün, durch Kalilösung werden sie nicht verändert, auch ist kein Zucker und nur geringe Spuren von Gerbstoff im Inhalte der Haare nachweisbar.

Die Haare entstehen aus einer Oberhautzelle, welche allmälig sich über die Oberfläche erhebt (Fig. 1) und deren Protoplasma sich nach und nach zu zwei länglich runden an der Mutterzellhaut anliegenden Portionen**) ballt, die ungefähr in der Mitte der Zelle mit ihren Peripherien zusammenstossen**) und dort natürlich eine

---

*) Karsten war der Erste, welcher die Zellennatur des Cytoblasten vertheidigte; er schlug für denselben den sehr passenden Namen Kernzelle vor, den ich ohne Weiteres adoptire, nachdem ich mich durch zahlreiche Beobachtungen (Wiener Academie, 1864, Bd. 49 und 1866, Bd. 54, Taf. IV) von der Natur derselben überzeugt habe; die sog. Kernkörperchen kann man dann ganz gut Kernbläschen nennen. Der Ausdruck Zellkern ist jedenfalls unangemessen und wird auch sicher bald allgemein fallen gelassen werden.

**) Die durch die Plasmalamellen (gebildet durch das Zusammentreten der beiden Körnerschichten des Protoplasmas) abgegrenzten Inhaltsportionen der Mutterzelle, welche ringsum von Plasma umschlossen sind, muss man als bereits individualisirte Zellen ansehen, wenn auch ihre Umgrenzung noch durch keine erstarrte Haut abgegrenzt erscheint. Später erscheint sie im ganzen Umfange der jungen Zellen, weil aber der grösste Theil derselben der Mutterzellhaut anliegt, hebt sich die entstehende Membran nur an der Berührungsstelle der neu gebildeten zwei oder mehr Zellen ab und wird daher nur dort später als Scheidewand sichtbar. Häufig kann man sie noch darüber hinaus verfolgen (Fig. 26 b., Fig. 28 b. von Tradescantia virginica) und gerade solche Stadien sind es, welche leicht zu der Ansicht einer Ringfaltung des Inhaltes führen könnten. Die gangbare Vorstellung des Vorganges der Zelltheilung, wonach der Inhalt der Mutterzelle als solcher (Primordialschlauch) sich einschnürt, und dadurch die Tochterzellen bildet, habe ich in keinem der zahlreichen Fälle, wo ich die Bildung der Gliedzellen bei Haaren beobachtete, bestätigt gefunden, es scheint mir dieselbe auch nicht gut geeignet, den Process der Zellvermehrung genügend zu erklären, da sie das spätere sich Doppeln der Scheidewand etc. in der That auch so gut wie unbegriffen lassen muss und diess eben nur endogene Neubildung von Zellen in der Mutterzelle, wie ich glaube, zu thun vermag. Im letzten, allgemeinen Theile der vorliegenden Arbeit, wo die Gesammtresultate meiner Beobachtungen, die bei den verschiedenen Pflanzen, die ich hier neben einander stelle, eben Stück für Stück sich erst ergänzen und zusammensetzen, zusammengefasst eine zusammenhängende Darstellung der in allen beobachteten Fällen in gleicher Weise vor sich gehenden Bildung der Gliedzellen der Haare etc. gestatten, wird über die Deutung der wahrgenommenen Erscheinungen und Vorgänge ausführlicher gehandelt werden. In diesem Theile sind in den fol-

dickere Zone (Lamelle) bilden (Fig. 2), durch deren Mitte später eine Trennungslinie sichtbar wird, welche das junge Haar zweizellig macht. Diese Zellvermehrung wird nun repetirt (Fig. 3) und zwar erfolgt dieselbe gleichzeitig, oder wenigstens nahezu gleichzeitig in verschiedenen Zellen, sowohl am Ende, als in den mittleren Zellen des Haares (Fig. 3 a. b., Fig. 4 a. a'. c., Fig. 5 a. etc.). Bevor das junge Haar nicht wenigstens aus 4—5 Zellen besteht, bilden sich keinerlei Körner u. dergl. in demselben. Später treten zwischen den feinen Körnchen des Protoplasmas grössere, rasch wachsende auf, die sich schon frühe bei der Reaction mit Jodlösung als Amylumkörner manifestiren (Fig. 4. 5). Gewöhnlich entstehen diese Amylumkörner in den Basalzellen des Haares zuerst, und man sieht meist die Spitzenzellen noch lediglich Protoplasma führen, während weiter gegen die Basis zu successive immer mehr Amylumkörner auftreten. In der That rückt auch der Heerd der Zellvermehrung, welcher Anfangs im ganzen Haare gleichmässig Zellbildung auftreten lässt, später immer weiter nach der Spitze des Haares vor. Dort lässt sich auch der Vorgang am besten studiren. Mir schien er der folgende zu sein.

In einer Zelle, welche sich vermehren will, wird von deren Protoplasmaströmen der Eine (Fig. 4 a'.) oder zwei gegenüberstehende (Fig. 5 b., Fig. 6 a.) besonders kräftig, verliert jedoch bald seine Bewegung und wird ruhend,*) mit ihm die Ströme in der ganzen Mutterzelle. Nun lagert sich das Protoplasma zu sphärischen Portionen (Fig. 5 etc.), deren Peripherien da, wo früher der kräftige Strom kreiste, zusammenstossen und dort eine mehr oder weniger dichte Plasmalamelle bilden, welche die Mutterzelle quer durchsetzt. Falls nun das Protoplasma nicht alles verdeckt, sieht

---

genden Fällen eben nur die Erscheinungen wiedergegeben, wie sie das Mikroskop direct zeigt. Erwähnt muss werden, dass von besonderer Bedeutung für die Lehre von der Zelltheilung die neueren Arbeiten von Karsten sind. Die Arbeiten Karsten's, welche eine Fülle wichtiger Thatsachen enthalten, wurden vielfach irrig interpretirt und zum Theile gänzlich verkannt, trotzdem viele seiner bereits vor 23 Jahren und später ausgesprochenen Behauptungen sich seither bestätigt haben.

*) Bilden sich im Protoplasma Kernzellen (Cytoblasten) oder will eine Zelle sich theilen, so geschieht dies nie in sich bewegendem Plasma, es wird stets vorher ruhend.

man an jeder Seite der Lamelle meist einen deutlichen Cytoblasten (Kernzelle), der sich als farbloser Tropfen fast ausnahmslos bei allen jungen Haaren in der gleichen Weise präsentirt (Fig. 1—6). Oft fängt nun die Zelle an, an ihrer äusseren Contour eine Einbuchtung zu zeigen (Fig. 4 a.', Fig. 3 a.) und man kann sich da kaum des Gedankens erwehren, als würden durch die erstarrenden Protoplasmaströme die Zellwände an zwei gegenüberliegenden Stellen gehalten, und die Folge davon wäre eben jene beobachtete Einschnürung. Da die Zelle stets beim Vorgange ihrer Theilung sehr rasch wächst und also die ober- und unterhalb dieses erstarrenden Plasmabalkens liegenden Theile mehr Freiheit, sich in die Breite auszudehnen haben, könnte man die bei Zelltheilungen fast immer beobachtete Einbuchtung an der primären Membran der Mutterzelle als das Product zweier Factoren auffassen: des erhöhten Wachsthums. der Zelle zur Zeit ihrer Theilung einerseits und andererseits der zurückhaltenden Kraft der an ihren Peripherien erstarrenden neuen Zellen, die in der quer durchsetzenden Berührungszone beider am Wirksamsten sein muss. Wahrscheinlicher ist übrigens die Annahme, dass das Wachsthum der Mutterzelle zur Zeit ihrer Theilung von einer ruhenden Mittelzone aus nach beiden Zeiten stattfindet, und dass diese ruhende Zone eben durch jene Plasmalamelle*) bezeichnet werde, welche stets an jener Stelle erscheinen muss, wo später die theilenden Zellhäute durchgehen. Sicher ist diese Einschnürung der Membran der Mutterzelle hauptsächlich das Product des erhöhten Wachsthums derselben, zur Zeit wo sich neue Zellen in ihr bilden und keineswegs etwa hervorgerufen durch die Zelltheilung als solche, wie man noch immer annimmt, in der Art, als ob sie dieselbe veranlasse.**)

Diese Protoplasmasphären (welche später in ihrem Umfange

*) Der Kürze des Ausdruckes halber sage ich stets Protoplasmalamelle, man hat sich darunter immer die Berührungszone der Plasmasphären der neu gebildeten Zellen zu denken.

**) Karsten sagt zuerst richtig, dass dort „wo Faltenbildung der Mutterzelle beobachtet wurde, diese wohl eine Vermehrung derselben begleite, sie aber nicht veranlasse.“ (Histological researches p. 4 (des Abdrucks) und: Gesammelte Beiträge p. 366.)

eine Zellhaut erhalten), entstanden im Innern einer Mutterzelle in der Zahl der späteren Tochterzellen, will ich, so lange sie noch blosse Plasmaumhüllung zeigen, Primordialzellen*) nennen (besonders deutlich in Fig. 138. 142 a. a. a.', Fig. 201. 202. 206—209. 384 etc., desgleichen Fig. 24 und Fig. 25).

Es werden also in den betrachteten Haarzellen, die sich vermehren, zwei Primordialzellen gebildet, deren Berührungssphären als mehr oder weniger dicke Plasmalamelle erscheinen. In dieser sieht man nun bald, als äusserst feine Linie erscheinend, doch gleich bei ihrem Auftreten die Mutterzelle ihrer ganzen Breite und Länge nach durchsetzend, eine Membran entstehen (Fig. 4 a. c., Fig. 5 a.), die sich als Scheidewand durch die Mutterzelle darstellt, weil man begreiflicher Weise ihre der Mutterzellhaut anliegenden Fortsetzungen nicht wahrnehmen kann.**) So muss ich die Sache auffassen, denn ich habe nie eine Einschnürung des Zellinhaltes der Mutterzelle beobachtet, ich sah nie eine Scheidewand von der Seite nach der Mitte rücken u. s. w., habe dagegen in zahllosen Fällen die successive Gestaltung des Protoplasmas zu den erwähnten Primordialzellen verfolgen können. Anfangs ist diese zarte Trennungslinie, der nach beiden Seiten hin noch die Körnerschichten des Protoplasmas anliegen, die einzige Scheidewand der beiden durch diese Membranerhärtung zu Tochterzellen gewordenen Primordialzellen, doch erfolgt die Verdickung derselben ziemlich rasch und man sieht sie auch bald mit doppelter Contour erscheinen (Fig. 4 b.).***)

Um die Amylumkörner im Zellinhalte (Fig. 4—6), und zwar zunächst um die im centralen Protoplasma liegenden, wird nun ein grünes Pigment abgelagert und die so entstehenden Chlorophyllkörner durch die neu belebten Protoplasmaströme an die Zellwand geführt, während andere gegen die Mitte rücken und denselben

---

*) Der Name ist nicht neu und wurde schon von Cohn gebraucht.

**) Dass die Trennung durch kein Mittel gelingt, findet man wohl begreiflich, wenn man den engen Anschluss und die wenigstens nahezu ganz gleiche Constitution der Membranen in Betracht zieht.

***) An der Seitenwandung der Mutterzelle ist die Plasmasphäre der neu entstandenen Primordialzellen, besonders bei stark gewölbten Haaren, schlecht sichtbar. Dass dies nur einen optischen Grund hat, bedarf eben nur der Erwähnung.

Vorgang wiederholen, bis alle Amylumkörner ein mattgrünes Pigment erhalten haben (Fig. 4. 6. 11). *) Dieses Pigment wird aber nie intensiv, sondern es ändern zunächst wieder die im centralen Protoplasma liegenden Körner die Farbe desselben; es wird mattgelb, während die peripherischen Körner noch grün sind.**) Beide Pigmente sind indess noch so schwach, dass Zusatz von Jodlösung die sämmtlichen Körner sogleich bläut. Später geht das Mattgelb in Blassorange und endlich in Tieforange über (Fig. 7), womit der Entwickelungsgang des Haares vollendet ist. Im jugendlichen Zustande ist ausserordentlich viel Protoplasma in den Zellen (Fig. 1—6), später, mit dem Auftreten zahlreicher Amylumkörner, verschwindet es allmälig immer mehr und mehr.

An den Rippen der unteren Blumenblattfläche stehen sehr robuste, conische Haare (Fig. 12). Sie werden 5—6 Mm. lang, an ihrer Basis 0,32—0,6 Mm. breit und haben stark verdickte Wandungen. In dem Zellinhalte sind zahlreiche Chlorophyllkörner vorhanden, welche von ausserordentlich complicirten Protoplasmaströmen herumgeführt werden. Gegen die Basis wird die einfache Zellreihe, aus welcher das Haar besteht, von 2 Zellen getragen (Fig. 12) und das ganze Gebilde steht auf einem mehr oder weniger grossen Zellhügel der Oberhaut.

Junge Knospen und Stengel der Pflanze sind bedeckt mit mehrzelligen, spitz endenden Haaren, welche auch nach ihrer Basis hin plötzlich stark verdünnt werden und daher eine ganz eigenthümliche Form zeigen (Fig. 10. 11. 13). Die oberen Zellen dieser Haare sind häufig gefüllt mit gelöstem gelben Farbstoffe, die unteren führen dieselben Farbstoffkörner, wie die bereits erwähnten Haare an der Oberseite der Blumenblätter und sind von zahlreichen Protoplasmaströmen durchzogen (Fig. 13).***) Der Zellinhalt führt sehr viel Zucker, welcher sonderbarerweise den Haaren an den übrigen Pflanzentheilen fehlt.

*) Weiss, A., Sitzungsberichte der Kais. Acad. d. Wissensch. in Wien. 1866. Bd. 54, Taf. I, Fig. 2 und 4.

**) Ebendaselbst Taf. I, Fig. 3 (die Lithographie der Tafeln ist leider nicht entsprechend ausgefallen).

***) Ich mass ihre Schnelligkeit und fand sie (reducirt) 0,009 Mm. in der Secunde, also 0,54 Mm. in der Minute.

In der Jugend sind die Zellen dieser Haare, welche ebenfalls aus einer sich streckenden Oberhautzelle entstehen, nahe gleich an Grösse und Gestalt (Fig. 8), später wächst die Endzelle rasch in die Länge (Fig. 9) und die unteren Zellen vermehren sich weiter (Fig. 10) genau in der Art und Weise, wie ich es oben beschrieben habe. Der Heerd der Zellvermehrung ist indess bei diesen Haaren stets an ihrer Basis, das Haar wächst demnach an seinem Grunde.*) — Sind einmal schon mehrere Zellen gebildet, so erhält das Haar bereits seine spätere Gestalt (Fig. 10) und in den unteren Zellen desselben tritt zwischen den feinen Protoplasmakörnchen bereits hie und da ein Amylumkorn auf (Fig. 10). Noch später ist diess auch in der rasch weiter wachsenden Endzelle der Fall (Fig. 11 a.), während mittlerweile in den unteren Zellen die Umwandlung derselben in Chlorophyllkörner vor sich geht (Fig. 11 c. d.). Manchmal sieht man auch hie und da eine Krystalldruse von grünem Pigmente überzogen (Fig. 11 b.).**) Das grüne Pigment der Chlorophyllkörner wird hierauf bald mattgelb, später orange (Fig. 13), desgleichen in den Oberhautzellen um und neben dem Haare (Fig. 13 e.). Damit ist dasselbe völlig ausgebildet.

Guettard***) hat die Haare bei Cucurbita Pepo (welche?) filets à mamelon globulaire genannt. Eble†) bildet ein Haar von der inneren Fläche der Blumenkrone ab, es ist die Abbildung indess in allen ihren Theilen so unrichtig, dass ihr wohl ein Versehen zu Grunde liegen mag. Schrank††) hat die Haare an den Blättern und Stengeln dieser Pflanze Gliederborsten genannt und sie ganz unkenntlich abgebildet.

Cucumis Melo *L.*

An den Stengeln finden sich zahlreiche, silberweiss glänzende,

---

*) Bisher nahm man stets an, die Pflanzenhaare wüchsen nur an ihrer Spitze weiter, im Folgenden werden wir noch zahlreiche Fälle kennen lernen, wo wie hier die Spitzenzelle die älteste Haarzelle ist und das Haar stets nur in seinen untersten Zellen sich vermehrt.

**) Weiss, A., Sitzungsber. der Wiener Academie. 1866. Bd. 54, S. 5 (des Abdruckes).

***) Mém. de l'acad. 1756, p. 318.

†) Lehre von den Haaren. 1831. Taf. II, Fig. 16.

††) Nebengefässe. 1794. Taf. I, Fig. 11.

3,04—4 Mm. und mehr lange, an ihrer Basis 0,16—0,19—0,23 Mm. breite, einfache, mehrzellige, conische Haare, welche mit ihrer Basis meist auf einigen kurzen Zellen stehen. Sie führen viel Protoplasma und zahlreiche Chlorophyllkörner, erhalten im Alter Cuticularstreifen und einen gelösten gelben Farbstoff im Innern.

An den Blumenblättern stehen wurmförmig gekrümmte, rosenkranzartige Haare, wie die bei Cucurbita Pepo (Fig. 7) abgebildeten, denen sie auch in ihrer Entwickelung gleichen. Ihr Farbstoff entsteht ebenfalls wie bei der genannten Pflanze durch Degradation des Chlorophylls.*)

Guettard**) hat dieser Haare wohl zuerst gedacht.

Tradescantia virginica *L.*

(Fig. 13—Fig. 30.)

Die bekannten Staubfadenhaare der Pflanze bestehen im erwachsenen Zustande aus zahlreichen, mehr oder weniger tonnenförmig gestalteten und meist nur schwach verdeckten Zellen, welche mit einem intensiv violetten Inhalte gefüllt sind und neben den zierlichsten Protoplasmaströmen grosse Kernzellen (Cytoblasten)***) und vereinzelte Chlorophyllkörner erkennen lassen (Fig. 30). Ihre Cuticula erscheint in Streifen.

Im frühesten Entwickelungsstadium (Fig. 14) erkennt man diese Haare als einzelne über die Epidermis erhobene Zelle, erfüllt mit farblosem Zellsafte und einem bodenständigen Cytoblasten. Etwas später (Fig. 15) hat bei der Streckung dieser Zelle der Cytoblast gewöhnlich eine centrale Lage angenommen. Bald darauf (Fig. 16) haben sich zwei Primordialzellen gebildet, durch welche das Haar dann zweizellig wird. Die Endzelle desselben (Fig. 17 a.) wächst dann gewöhnlich rasch weiter und ihr Cytoblast, der früher (Fig. 18) kugelig war, streckt sich etwas in die Länge als erster Vorbote der beginnenden Vermehrung desselben. Man bemerkt nämlich sehr bald an ihm ein prävalirendes Wachsthum an den beiden Polen, wodurch der Cytoblast biskotenförmig wird (Fig. 19 a.) und

---

*) Weiss, A., Sitzungsber. d. Wiener Academie. 1864. Bd. 49 u. 1866, Bd. 54.

**) Mém. de l'acad. 1745, Taf. II, Fig. 18. — 1756, p. 318.

***) Hofmeister, W., die Entstehung des Embryo der Phanerogamen. Leipzig 1849. p. 7, Taf. VIII etc.

etwas später erscheint eine zarte Trennungslinie durch die Mitte desselben (Fig. 21 a.). Damit ist das Zerfallen des Cytoblasten in zwei bereits gegeben; *) die beiden so gebildeten liegen Anfangs noch ganz bei einander (Fig. 21), trennen sich indess später immer mehr (Fig. 20 a. a., Fig. 23). Wo in einer Zelle diese Vorgänge bemerkt werden, kann man mit Sicherheit auf beginnende Zellvermehrung schliessen; durch dieselbe wird das zweizellige junge Haar (Fig. 17. 18) nunmehr dreizellig (Fig. 19). Der Bildung der Primordialzellen d. h. der Zellvermehrung geht also hier die Theilung der Kernzelle der Mutterzelle in zwei voraus, **)

*) Ich glaube kaum, dass der Bildung von Primordialzellen immer die Bildung von Cytoblasten in gleicher Zahl vorangehen müsse; oft sah ich die jungen Zellen schon gebildet, ohne dass jede einen Cytoblasten gehabt hätte (Fig. 16, Fig. 25 oberhalb b.', Fig. 138. 142 etc.). In vielen Fällen (Fig. 5 etc.) mag freilich das Protoplasma sie einhüllen und verdecken, doch ist diese Erklärung kaum immer genügend. Mir scheint übrigens der Cytoblast bei der Zellvermehrung sich mehr passiv zu verhalten; ich habe in vielen Fällen, wo er hätte sichtbar sein müssen, wenn er überhaupt vorhanden war, ihn nicht auffinden können, obgleich er selbst wäre er noch so klein gewesen, mir unmöglich hätte entgehen können (Fig. 141 a, Fig. 142, Fig. 140, Fig. 207. 208, Fig. 217 a. etc.). Eine Absorption desselben mag allerdings öfter stattfinden (Fig. 207. 208 etc.), doch gewiss unabhängig von der Bildung der Primordialzellen, da diese bereits gebildet sind, ehe im Protoplasma ein neuer Cytoblast entsteht. Karsten (a. a. O.) hält auch „die Entstehung neuer Zellen, noch mehr die Entstehung der Scheidewände" völlig unabhängig von demselben.

**) Die gangbare Vorstellung, dass bei der Zelltheilung der Cytoblast der Mutterzelle zunächst resorbirt würde und durch Neubildung zwei neue entständen, und dass diese Neubildung von Cytoblasten den Theilungsvorgang einleite, habe ich nicht bestätigt gefunden, mir ist dieser Vorgang auch nie sehr wahrscheinlich gewesen. Wo ich ja, die Zellvermehrung passiv begleitend, das Entstehen von Cytoblasten dabei beobachtete (z. B. Tradescantiahaare), ging es in der oben beschriebenen Weise, analog der Zelltheilung selbst, vor sich. Sind Primordialzellen, welche keine Cytoblasten haben (Fig. 141 a., Fig. 142 etc.) gebildet, dann allerdings scheint stets ein Cytoblast in ihnen neu im Protoplasma derselben zu entstehen, doch erst nachdem die Primordialzellen entstanden sind, nicht als Einleitung zu ihrer Bildung. — Dass ich mich bei Beobachtung der Theilung eines Cytoblasten durch das nahe Neben- oder Uebereinanderliegen zweier neu gebildeter Cytoblasten hätte täuschen lassen, und diese für Einen sich theilenden Cytoblasten gehalten habe, dem widersprechen schon Figuren wie Fig. 17 a., Fig. 19 a. etc. Geradezu beweisend hierfür möchte ich indess meine Beobachtungen an den Cytoblasten in den Zellen des Fruchtfleisches reifer Beeren von Lycium barbarum halten (Sitzungsber. der Wiener Acad. 1864 und 1866, Bd. 54, Taf. IV, Fig. 61), wo es mir durch Contraction des Inhaltes des Cytoblasten gelang, den Theilungsvorgang in einer jede andere Deutung ausschliessenden Weise zu fixiren.

und wenn man den Vorgang dabei mit der Vermehrung der Zelle selber vergleicht, wie ich sie bei Cucurbita Pepo beschrieb, so kann man keinen Augenblick im Zweifel darüber sein, dass sie identisch sind, dass sich also die Kernzelle (Cytoblast) bezüglich ihrer Vermehrung genau wie eine Zelle verhalte. Ich habe an anderem Orte,*) aus anderen Gründen, schon vor mehreren Jahren die Zellennatur des Cytoblasten zu erweisen gesucht.

Ueber den näheren Vorgang der eigentlichen Zellvermehrung und der durch dieselbe gegebenen Bildung der Gliedzellen kann man an ganz jungen Haaren Aufschluss erhalten, insbesondere an der Spitze derselben, obgleich diese keinesweges der einzige Sitz der Zellvermehrung bei diesen Haaren ist, sondern dieselbe auch in den Mittelzellen vor sich geht. Eingeleitet wird der Vorgang durch das eben beschriebene Theilen des Cytoblasten der Mutterzelle in zwei (Fig. 17. 19. 20. 21). Die beiden Cytoblasten**) rücken nun auseinander (Fig. 23. 24) und das Protoplasma zwischen ihnen ballt sich zu zwei Primordialzellen zusammen (Fig. 24. 25), oft auch zu 3 und mehr (Fig. 25). Schon dies spricht dafür, dass der Cytoblast als solcher unwesentlich für die Individualisirung der Primordialzellen ist, denn dort, wo sich (Fig. 25) in einer Mutterzelle 3 derselben bilden, ist die Eine stets ohne Cytoblasten (Fig. 25).

Wo die Peripherien der entstandenen Primordialzellen sich berühren (Fig. 24 b., Fig. 25 b' b.), platten sie sich durch gegenseitigen Druck ab und es ist scheinbar eine Protoplasmalamelle durch die Mutterzelle gespannt. In ihrer Mittelpartie bemerkt man oft, unmittelbar vor dem Erscheinen der Trennungslinie eine hyaline Schicht (Fig. 25 b.), von der man sich indess nicht schwer überzeugen kann, dass sie keineswegs eine bereits gebildete Membran sein kann. Diese tritt zuerst als äusserst zarte aber völlig scharfe Linie auf (Fig. 22 b., Fig. 23), welche gleich bei ihrem Erscheinen die Mutterzelle ihrer ganzen Breite nach durchsetzt und nicht erst von der Peripherie der Zelle successive zu deren Mitte schreitet. Es ist diese Linie gebildet durch die Hautschichten des Protoplasmas der in der Mutterzelle frei entstandenen Pri-

*) Weiss, A., Sitzungsber. 1864, Bd. 49 und 1866, Bd. 54.

**) Ob Erscheinungen, wie Fig. 27 b., eine Resorption der Kernzelle andeuten, ist sehr zweifelhaft.

mordialzellen, erscheint aber stets nur als einfache Linie. Dass sie im Grunde doppelt sei, wie sie es in der That sein muss, kann man an Haarzellen sehen, deren Primordialzellen gegen ihre Berührungsstelle zu stark gerundet erscheinen (Fig. 26 b., Fig. 28 b.). Die Rundung selbst kann ihren Grund nur in einer Contraction des Inhaltes bei dem Auftreten der Hautschichten der Primordialzellen haben. — Bei und während der oben beschriebenen Vorgänge zeigt die Mutterzelle häufig an der Stelle, wo die Primordialzellen sich berühren, ringsum eine mehr oder weniger starke Einbuchtung (Fig. 16 a., Fig. 28 b.). Dieselbe steht indess auch hier in keinem directen Zusammenhange mit der Zellvermehrung, sondern ist lediglich das Resultat des erhöhten Wachsthums der Mutterzelle in dieser Periode, welches wohl vorzüglich durch das Bestreben der Primordialzellen sich auszudehnen bedingt sein wird und natürlich an der Zone, wo die Peripherien derselben aneinanderstossen und sich gegenseitig drücken, eine für die Mutterzelle verhältnissmässig ruhende Partie bilden muss, daher denn auch dort die Mutterzelle am schmalsten bleiben muss.

Bald nach dem Erscheinen der zarten Trennungslinie (Fig. 23. 26. 28) wächst die Haut der Primordialzellen in die Dicke und die Membran der Mutterzelle ist am Ende nur an den Gliedern als Intercellularsubstanz sichtbar (Fig. 12 (Cucurbita) etc.).

Die oben beschriebenen Vorgänge wiederholen sich nun sowohl in den Mittel- als in den Spitzenzellen des Haares, wodurch dasselbe im weiteren Verlaufe seiner Entwickelung vielzellig wird (Fig. 23. 29. 30). Nicht selten theilt sich eine Zelle (gewöhnlich die am Ende) bei jungen Haaren an mehr als zwei Stellen zugleich (Fig. 25 b. b'.), indem sich in ihr 3 und manchmal auch 4 Primordialzellen bilden.*)

In jungen Haaren ist der Zellsaft stets ungefärbt, auch treten in demselben keinerlei Körner (Amylum, Chlorophyll etc.) auf (Fig. 14—22). Erst wenn die Entwickelung des Haares bereits ziemlich weit vorgeschritten ist, erscheint im Inhalte ein ganz

*) Dieses Zerfallen einer Mutterzelle gleichzeitig in mehr als 2 Tochterzellen ist bisher nur bei einigen der einfachst gebauten Algen beobachtet gewesen, bei höheren Gewächsen war es völlig unbekannt. Ich habe es öfters beobachtet (Fig. 25, Fig. 140 a. a., Fig. 141 a, Fig. 142 a. a. a'., Fig. 191, Fig. 202 etc.).

blasser, gelöster violetter Farbstoff (Fig. 29), der immer intensiver wird, bis er bei erwachsenen Haaren oft nahezu schwarz erscheint. Auch einzelne Amylumkörner kommen nach und nach zum Vorscheine (Fig. 23, Fig. 28—30).

Mit Ausnahme der allerjüngsten Stadien (Fig. 14—18), in denen das Protoplasma gewöhnlich ruht, ist es in allen Zellen in einer raschen Strömung begriffen*) und zwar in Strömchen oft der complicirtesten Art. Sie verändern nach und nach die Lage der Kernzellen (Cytoblasten), drehen die Chlorophyllkörner rasch 3—4mal um ihre Axe und ihre Schnelligkeit ist an verschiedenen Stellen des Stromes oft eine sehr verschiedene. Wenn ihm ein Hinderniss entgegensteht, tritt unmittelbar nach Ueberwindung desselben stets ein Maximum der Schnelligkeit ein, er strömt fast platzend weiter. Diese Protoplasmaströme sind es hauptsächlich, durch welche die Staubfadenhaare der Tradescantien so bekannt wurden, obgleich bei vielen anderen Haaren, z. B. bei Caryolopha sempervirens, Aquilegia vulgaris, Digitalis purpurea, Erodium Manescavii, Maurandia semperflorens, Urtica urens und vielen anderen, die Strömungen weitaus schöner, massiger, reiner und rascher sich beobachten lassen.

Geleznoff**) studirte die Bildung der Staubfadenhaare. Ihre Basis bildet sich nach ihm zuerst und die Spitze bleibt ein wahrer Vegetationspunkt bis zur vollständigen Ausbildung des Haares. Ihre Entwickelung ist folgende. Anfangs erheben sich mehrere Zellen der äusseren Schicht über alle anderen. Sie bleiben eine Zeit ganz durchscheinend (meine Fig. 18), aber bald wird die in ihnen enthaltene Flüssigkeit körnig, und aus der Anhäufung der Körnchen bildet sich eine linsenförmige Masse (meine Fig. 27 b.) von grüner (?) Farbe, welche sich von der übrigen Flüssigkeit noch nicht auf eine recht schneidende Weise trennt. Sobald dieser Cytoblast vollständig gebildet ist, bemerkt man zwischen ihm und der im Ende des Haares befindlichen Flüssigkeit eine Scheidewand (meine Fig. 16). Hat sich jenes Ende hinreichend verlängert, so wiederholt sich dasselbe

*) Ich fand die Stromgeschwindigkeit auf 1 Secunde reducirt = 0,013 Mm., daher in der Minute = 0,78 Mm. bei kräftigen Strömen.

**) Geleznoff, N., Sur la génération et le développement de la fleur du Tradescantia virginica. Bullet. de la société impér. des natural. de Moscou. Tom. XVI, Ann. 1843, p. 19 ff. und Tab. I et II.

und das Haar theilt sich durch Scheidewände in mehrere Glieder. Geleznoff konnte zu keiner Zeit innere Zellen (Schleiden, Naegeli), noch doppelte Scheidewände, welche sich nothwendig durch Annäherung der Zellen hätten bilden müssen, bemerken. Wenn das Haar schon 2—3 Glieder hat, beginnt sein Gipfel statt Eines Cytoblasten deren 2 hervorzubringen (meine Fig. 23), welche sich nachher durch eine eigene Scheidewand trennen, aber man kann niemals diese Scheidewände von denen, welche sich Anfangs bildeten, unterscheiden, weil das Haar, indem es sich mit einer grossen Menge Flüssigkeit füllt, welche seine Wände ausdehnt, sich merklicher an den Orten, welche den zuerst gebildeten Scheidewänden entsprechen, zusammenzieht. Die Cytoblasten sind anfangs so gross, dass sie oft den ganzen Querdurchmesser des Haares einnehmen, aber später verbinden sie sich inniger mit den Zellentheilen (?), werden durchsichtig und so klein, dass sie nur 0,1 der ganzen Länge der Zellen einnehmen (meine Fig. 30), aber sie werden nie ganz resorbirt. Die Längsstreifen (?), welche die innere Wand der Haare bedecken, bilden sich, wenn das Haar aufgehört hat, sich zu verlängern und die enthaltene Füssigkeit sich blass violett färbt.

Geleznoff hat, wie man sieht, meist richtig beobachtet, nur ist nicht recht begreiflich, wie er die Cuticularstreifen auf die innere Wand der Zellen versetzen konnte.

Kühne*) hat zuletzt ausführlich und gründlich über die Protoplasmabewegung in diesen Haaren geschrieben und die Haarzellen auch sehr schön abgebildet. Die Resultate seiner und Anderer Untersuchungen über diesen hochwichtigen Gegenstand fallen indess ausser den Bereich der vorliegenden Arbeit.

Glaucium fulvum *Sm.*

Blätter und Stengel haben vielzellige, schwach verdickte Haare mit stumpfer Endzelle. Ihre Länge steigt bis auf 0,9 Mm., ihre Breite an der Basis bis zu 0,12 Mm. Ihre Entwickelung ist der der Tradescantiahaare analog. Guettard**) giebt für die Gattung Glaucium lange Knotenhaare an.

---

*) Kühne, W., Unters. über d. Protoplasma etc. Leipzig 1864. Mit 8 Taf.
**) Mémoires de l'acad. de Paris. Année 1750, p. 350.

Poterium Sanguisorba *L.*.

Blätter und Stengel der Pflanze sind mit ganz gewöhnlichen, mehrzelligen, spitz endenden und schwach verdickten Haaren bedeckt. Guettard*) giebt für die Pflanze Gliederhaare an.

Artemisia Absinthium *L.*

(Fig. 31—Fig. 41.)

Die Haare an den Blättern und Stengeln bestehen aus einem meist drei- bis vierzelligen Stiele (Fig. 41 a.) und einer grossen, auf demselben horizontal ausgebreiteten Zelle. Sie sind denen von Artemisia camphorata (Fig. 45), von Tanacetum Meyerianum (Fig. 51), Pyrethrum roseum (Fig. 62) und Tweedia coerulea (Fig. 112) ähnlich. Die Membran der oberen horizontalen Zelle ist oft bis auf 0,0042 Mm. verdickt; es führt dieselbe sehr bald nur Luft und windet sich dann beim Collabiren in mannigfacher Weise (Fig. 41). Die Länge dieser Zelle beträgt im Mittel 0,32 Mm.—0,47 Mm., ihr grösster Breitendurchmesser selten über 0,054 Mm. Der Inhalt älterer Haare wird von Kalilösung nicht mehr gelb gefärbt, wohl aber quellen die Membranen derselben sogleich ausserordentlich an und zerfallen dabei in eine Anzahl von Einzelschichten. Zucker ist in den Zellen keiner nachzuweisen, dagegen enthalten sie immer grössere oder kleinere Mengen eines eisengrünenden Gerbstoffes.

Verfolgt man die Entwickelung dieser sonderbaren Haare, so sieht man zuerst eine Epidermiszelle sich etwas über die Oberhaut erheben (Fig. 31). Bald sind aus derselben zwei geworden (Fig. 32) und die obere Zelle beginnt vorwiegend zu wachsen, während sich in ihr ein System äusserst zierlicher Protoplasmaströme bildet (Fig. 33). Die runde Gestalt dieser Zelle verliert sich nach und nach (Fig. 34) und sie fängt an, nach zwei einander entgegengesetzten Seiten hin, vorwiegend sich auszubilden und zu wachsen (Fig. 35, Fig. 36, Fig. 38). Die Stielzelle hat sich mittlerweile nicht verändert und erst wenn die obere grössere Zelle schon in den Umrissen ihrer zukünftigen Gestalt erscheint, theilt sie sich in zwei (Fig. 37). Nun geht das Wachsthum der oberen Zelle rasch vorwärts und die Vermehrung der Stielzellen erfolgt gleichzeitig damit, so dass derselbe bald voll-

*) Mémoires de l'acad. de Paris. Année 1750, p. 362.

endet ist (Fig. 39, Fig. 40). Die Verdickung der Zellhaut in der oberen Zelle nimmt rasch zu und gleichzeitig verschwindet das Protoplasma mehr und mehr aus derselben, so dass es bald nur die Wandungen bekleidet und endlich ganz verbraucht wird, die Zelle führt dann nur Luft (Fig. 41) und collabirt. Der Stiel behält indess fortwährend seinen Protoplasmainhalt und erscheint noch immer lebensfähig, wenn die obere horizontale Zelle bereits längst abgestorben, auch wohl abgefallen ist.

Was die stofflichen Veränderungen während dieser Vorgänge betrifft, so färbt Kalilösung in jungen Stadien (Fig. 32—Fig. 39) zunächst die Stielzellen intensiv schwefelgelb, desgleichen die obere Zelle, so lange sie noch sehr jung ist. Bei älteren Haaren färbt sich bei Berührung mit dem Reagens nur mehr der Stiel des Haares gelb, und die allerjüngsten Entwickelungsstufen (Fig. 31) werden durch Kalilösung gar nicht gefärbt. Mit Kupfervitriol behandelt und dann in Kalilösung erwärmt, nimmt der Inhalt sämmtlicher Zellen eine schöne violette Färbung an, die um so intensiver ist, je jünger die betreffenden Zellen sind. Durch Eisenchlorid ist Gerbstoff selbst in ganz jungen Stadien nachweisbar, Zucker und Amylum dagegen nicht.

Artemisia camphorata *Vill.* β) canescens.

(Fig. 42—Fig. 45 und Fig. 52—Fig. 53.)

Die eigenthümlichen Haare der Pflanze bestehen aus einem zwei- bis dreizelligen Stiele, auf welchem sich eine zweispitzige, stark verdickte, mit zahlreichen Porencanälen versehene grosse horizontal abstehende Zelle befindet (Fig. 45).

Diese Haare entstehen aus einer Oberhautzelle (Fig. 42), welche sich theilt und deren obere Zelle, Anfangs rundlich, später gestreckt elliptisch (Fig. 43), allmälig an ihren beiden Enden fortwächst (Fig. 44), bis im ausgebildeten Zustande sich ihre breiten, weit abstehenden Enden häufig falten und krümmen (Fig. 45). Den Haaren von Tanacetum Meyerianum (Fig. 51) sind sie ausserordentlich ähnlich, nur haben sie einen weit kürzeren einfacheren Stiel als diese und unterscheiden sich dadurch und durch ihre Porencanäle von den ebenfalls ähnlich gebauten Haaren der Artemisia Absinthium (Fig. 41).

Die Träger der riechenden Substanz der Pflanze sind eigen-

thümliche, complicirte Glandeln (Fig. 53), welche reichlich Chlorophyll führen und dasselbe meist ungeformt enthalten. Sie sind meist vielzellig, die einzelnen Zellen häufig fächerartig angeordnet.

Nicht selten wächst auch die eine oder die andere Oberhautzelle zu einem einzelligen, kurzen, hackenförmig gebogenen Haare aus, welches am Grunde in der Regel formloses Chlorophyll enthält (Fig. 52).

Tanacetum Meyerianum *Schultz Bip.*
(Fig. 46 — Fig. 51.)

Auch die Haare dieser Pflanze sind denen der Artemisia Absinthium (Fig. 41), insbesondere aber denen der Artemisia camphorata (Fig. 45) ähnlich, nur robuster gebaut und länger gestielt. Die Endzelle ist im ausgebildeten Zustande stark verdickt und zeigt zahlreiche Porencanäle, selten vermisst man eine grosse elliptische Kernzelle in derselben (Fig. 51); die Stielzellen sind kurz, mässig verdickt und reich an Protoplasma.

Das Haar entsteht aus einer Epidermiszelle (Fig. 46), die eine centrale Kernzelle besitzt und allmälig über die Oberhaut hervorwächst (Fig. 47). Bald darauf theilt sie sich (Fig. 48) und die obere Zelle (Fig. 48 a.) wächst entweder sogleich in die zukünftige Form der Endzelle aus (Fig. 50 a.) oder aber es geht der Process der Zelltheilung im Stiele weiter (Fig. 49) und erst, wenn zwei bis vier Stielzellen gebildet sind, fängt die oberste Zelle an, nach zwei Seiten hin auszuwachsen. Die Kernzellen sind in den Zellen noch wahrnehmbar, wenn die Zellwände bereits tiefe Porencanäle zeigen (Fig. 51).

Nicht selten sind im jugendlichen Zustande (Fig. 48, Fig. 49), wie bei Artemisia camphorata (Fig. 52), die eben sich erhebenden Haarzellen mit grün gefärbtem Protoplasma (ungeformtem Chlorophyll) erfüllt, auch ist wie bei dieser Pflanze die eigenthümlich riechende Substanz in besonderen Glandeln enthalten.

Pyrethrum roseum *M. Bieb.*
(Fig. 59 — Fig 62.)

Dem äusseren Habitus nach sind die Haare an den Blättern und Stengeln denen bei Artemisia-Arten (Fig. 41, Fig. 45) und bei Tanacetum Meyerianum (Fig. 51) ähnlich.

Sie haben drei bis vier kleine, perlschnurartig aneinander gereihte, mit krümlichem gelben Farbstoffe erfüllte Stielzellen und darauf eine horizontal liegende oder aufgerichtete, oft 6,7 Mm. und mehr lange, bis 0,016 Mm.—0,032 Mm. breite, sehr stark verdickte, nach beiden Seiten hin spitz auslaufende Zelle (Fig. 59—62). Der Stiel wird selten über 0,05 Mm. lang, so dass die obere Zelle förmlich auf der Epidermis ruht (Fig. 60).

Im jugendlichen Zustande (Fig. 59) enthalten sie sehr viel Protoplasma, doch verschwindet es mit der Verdickung der Zellhaut allmälig aus dem Inhalte. Bei einer grossen Anzahl dieser Haare ist der Stiel nicht in der Mitte (Fig. 60, Fig. 62), sondern nahe am Ende der obersten Zelle eingefügt (Fig. 61) und diese steht dann gewöhnlich vertical in die Höhe (Fig. 61), es krümmen sich auch wohl beide Enden gleichmässig nach aufwärts (Fig. 60). Es hat dies wohl den Zweck, das Transpirationsvermögen der Oberhaut, welches durch das dichte Anliegen so vieler horizontal ausgebreiteter Haarzellen entschieden gehindert sein würde, in normaler Weise zu ermöglichen. Der Verlauf der Entwickelung dieser Haare ist dem bei Artemisia-Arten völlig gleich.

Brunfelsia eximia *Rosc.*

(Fig. 55 — Fig. 57.)

Die Pflanze hat an ihren Staubfäden und an der Innenseite der Blumenkrone ganz eigenthümliche Haare. Die letzteren sind einzellig, spitz endend, ausgezeichnet durch die mächtigen Cuticularknoten, welche sie überziehen und denen bei Anchusa Barellieri (Fig. 177) analog sind. Erstere sind mehrzellig, robust und ausserordentlich lang: sie zeichnen sich durch ihre ganz abnorm ausgebildete Cuticula aus. Während diese nämlich von der Spitze an nach abwärts an sämmtlichen Zellen starke, spiral angeordnete Knoten zeigt (Fig. 56 a.), nimmt sie an der Basalzelle plötzlich eine ganz andere Gestalt an und erscheint dort stets in langen Leisten (Fig. 56 b.). Diess verleiht den Staubfadenhaaren dieser Pflanze ein höchst charakteristisches, auffallendes Aussehen, es ist auch der einzige derartige Fall, den ich beobachtete.

Die Zellen der Haare, insbesondere die Basalzellen derselben, enthalten häufig grosse, schöne Krystalle des rhombischen Systems

(Fig. 55), daneben mannigfache Zwillings- und Drillingsbildungen (Fig. 57), die sämmtlich in der heftigsten Molecularbewegung begriffen sind und unter dem Auge des Beobachters in der Zelle anschiessen. Betrachtet man eines dieser Haare unmittelbar nach dessen Präparation, so wird man in der Basiszelle selten mehr als einen oder zwei Krystalle wahrnehmen. Wenn aber das Präparat längere Zeit in dem Wasser des Objectträgers gelegen, sieht man nach und nach, zuerst in den winzigsten Dimensionen, doch successive wachsend, eine ganze Reihe solcher Krystalle und Krystalldrusen entstehen, so dass nach einiger Zeit fast die ganze Zelle damit erfüllt erscheint. Es schlagen sich dieselben demnach erst durch die Einwirkung des Wassers des Objectträgers aus dem Zellsafte nieder. An den beiden Enden der Zelle findet diese Krystallbildung besonders statt und es bewegt sich allmälig die ganze untere Gruppe an das obere Zellende und umgekehrt. Dabei sind die Bewegungen der Krystalle wie die Oscillationen einer Magnetnadel, aber immer etwas propulsiv, wodurch nach und nach eine beträchtliche Ortsveränderung hervorgebracht wird, die freilich zum grossen Theile mit das Resultat der in der Zelle kreisenden Protoplasmaströme sind. Die Quadratoktaëder dürften dem oxalsauren Kalke angehören.

Veronica Chamaedrys *L.*
(Fig. 58.)

Der wollige Haarfilz an den Stengeln der Pflanze besteht aus zahlreichen, ausserordentlich stark verdickten Haaren, welche gewöhnlich zweimal gebogen erscheinen und mit Ausnahme der Basalzelle mächtige Cuticularknoten*) zeigen (Fig. 58). Im Allgemeinen ähneln diese Haare denen von Verbesina gigantea *Jacq.* (Fig. 74), welche ebenfalls von der zweiten Zelle an gebogen erscheinen, wie dies auch die Haare der Eranthemum-Arten zeigen.

Guettard**) giebt bei der Pflanze glandes à cupule an.

*) Durch Anwendung geeigneter Agentien erkennt man, dass diese Knoten nur von einem dünnen Häutchen von Cuticula überzogen sind, im Uebrigen aber aus der Substanz der Zellhaut bestehen. Es müssen demnach die Cuticularknoten als das Product eines an vielen Stellen stattfindenden localen Wachsthums der Zellhaut aufgefasst werden.

**) Troisième mémoire sur les glandes des plantes. Mémoires de l'académie des sciences. Année 1747, Paris, p. 606.

Lamium album *L.*

(Fig. 63 — Fig. 71.)

Am Rande der Oberlippe der Blumenblätter stehen schöne, meist dreizellige Haare, welche mit Ausnahme der kurzen Basalzelle dicht mit kleinen Cuticularknötchen besetzt sind (Fig. 71). Sie werden 0,6 Mm.—0,9 Mm. lang und sind an der Verbindungsstelle je zweier Haarzellen stets buchtig aufgetrieben, so dass sie im erwachsenen Zustande meist zwei bis drei Knoten zeigen (Fig. 71). Die spitz endende Endzelle ist gewöhnlich bei 0,5 Mm. lang, an der Basis 0,03 Mm. breit, die nächste 0,096 Mm. lang, an ihrer Basis 0,026 Mm. breit; die dritte bei 0,112 Mm. lang, an ihrer Basis 0,026 Mm. breit und die Basalzelle endlich wächst selten über eine Länge von 0,05 Mm. hinaus. Die Zellen dieser Haare führen einen farblosen Saft, in welchem man bei jüngeren Haaren schöne Kernzellen und Protoplasmaströme wahrnimmt.

Das Haar entsteht aus einer Epidermiszelle mit meist grundständiger Kernzelle. Während sich die Zelle streckt (Fig. 63), rückt ihre Kernzelle allmälig etwas in die Höhe und eine Protoplasmazone lagert sich successive in der Mittelpartie von der Wand der Zelle (Fig. 63). In dieser Mittelzone wird hierauf in der von mir bereits beschriebenen Weise der Theilungsact sichtbar (Fig. 64). Die obere der zwei Zellen, aus denen das Haar zu dieser Zeit besteht, wächst weiter, ihre Kernzelle lagert an ihrer Spitze in einem Protoplasmaballen (Fig. 64), der sich bald tiefer herabzieht (Fig. 65) und endlich ungefähr die Mitte der Zelle einnimmt (Fig. 66). Nun verdichtet sich derselbe mehr und mehr und es erfolgt (Fig. 67) in ihm eine Membranbildung, wodurch die drei Zellen, aus denen das Haar zumeist besteht, in ihrer Anlage fertig sind (Fig. 69). Das weitere Wachsthum erfolgt nun zumeist in der Spitzenzelle (Fig. 70) und es fängt nach und nach eine Verdickung der Zellhaut an sich bemerkbar zu machen, doch schwellen die Gelenke erst in sehr späten Stadien an.

Auch die Antheren der Pflanze sind mit langen, mehrzelligen, ausserordentlich stark cuticularisirten, spitz endenden Haaren bedeckt.

Malpighi hat die genannten Haare bereits aufgefunden und

abgebildet, Guettard*) dieselben aber unbegreiflicher Weise übersehen, er giebt an den Filamenten kurze weisse Haare, an Blättern und Stengeln ungefärbte, selten goldgelbe glandes globulaires an. Schrank**) sind sie nicht entgangen, er nennt sie Knöchelhaare (poils à bosses), bildet sie indess ausserordentlich schlecht ab; Eble***) hingegen hat eine ziemlich gute Zeichnung von denselben gegeben.

Sie waren bisher nur bei Lamium album bekannt; ich habe sie auch bei Digitalis purpurea (Fig. 200) und als Haarfilz bei Lychnis flos Jovis gefunden, desgleichen bei Agrostemma-Arten etc.

Lychnis flos Jovis *Lam.*

Der Haarfilz an Blättern und Stengeln besteht aus langen, mehrzelligen, spitz endenden Haaren, welche nur schwach verdickte Zellhäute haben. Ihre Basiszellen sind kurz und führen Chlorophyllkörner; an der Zusammenstossungszelle von je zwei Zellen ist das Haar knotig verdickt, wie die Kronenhaare von Lamium album (Fig. 71).

Die Länge dieser Haare beträgt 4 Mm.—8 Mm., ihre Breite an der Basis 0,03 Mm.—0,05 Mm. und mehr; ihre Entwickelung ist der der analogen Haare bei Lamium album völlig gleich.

Dianthus polymorphus *M. Bieb.*

An der Oberseite der Blumenblätter, dort wo der Nagel sich ansetzt, steht ein Büschel von Haaren, welche der betreffenden Stelle einen violetten Anstrich geben. Sie sind einzellig, bis 1,7 Mm. lang, an der Basis bis 0,1 Mm. breit, haben daher für ihre einzelne Zelle, aus der sie bestehen, einen Kubikinhalt von 0,002 Mm. Erfüllt sind dieselben mit einem gelösten violetten Farbstoffe, und ihre Zellwände sind stets nur mässig verdickt.

Agrostemma Coronaria *L.*

An Blättern und Knospen sind ausserordentlich lange Haare befindlich. Sie sind gewöhnlich 6zellig, mit starken Cuticularknoten

*) Mémoires de l'académie des sciences. Année 1749, p. 372.
**) Von den Nebengefässen der Pflanzen. Halle 1794, Taf. I, Fig. 13.
***) Die Lehre von den Haaren. Bd. I, Wien 1831, Taf. II, Fig. 15.

besetzt, die an den kurzen Basalzellen fehlen, und an den Gelenken d. h. den Zusammenstossungszellen von je zwei Zellen knotig angeschwollen, wie die Haare von Lamium album (Fig. 71). Ihre Basis wird gebildet durch 3 ganz kurze, breite Zellen, auf welchen sich erst die langen Haarzellen ansetzen. Die ganze Länge der Haare beträgt nicht selten 11—13 Mm., ihre Breite an der Basis bis 0,13 Mm. Sie wachsen nicht an ihrer Spitze, sondern an ihrem Grunde weiter. Die gestreckten Zellen derselben ähneln im äusseren Habitus sehr den Haaren von Agrimonia eupatorium (Fig. 337).

Guettard*) giebt für Agrostemma-Arten conische mehrzellige Haare an, am Stengel wurmförmige weisse Haare.

Lonicera Xylosteum *L.*

(Fig. 72.)

An den Filamenten finden sich einzellige, bis 0,8 Mm. lange, mässig verdickte, spitz endende Haare, welche starke Cuticularknoten tragen und im Habitus den Kelchhaaren von Nepeta Mussini völlig analog sind.

An der Unterseite der Blumenkrone sind die Haare kürzer und selten über 0,3 Mm. lang, an der Basis kugelig aufgetrieben und 0,02 Mm.—0,03 Mm. dick. Sie sind ausserordentlich zierlich porös verdickt (Fig. 72).

An den gewöhnlichen Blättern sitzen zahlreiche Glandeln, welche auf einzelligem Stiele ein vielzelliges, mit gelöstem rosa Farbstoffe erfülltes Köpfchen tragen.

Guettard**) giebt für Lonicera-Arten einfache conische Haare gemischt mit purpurfarbenen, becherförmigen Köpfchenhaaren an.

Campanula macrantha *Fisch.*

Am Saume der Blumenblätter stehen zahlreiche, einzellige, spitz endende Haare, welche denen der Filamente von Lonicera-Arten (Fig. 72) etc. ähnlich sind. Sie werden nur schwach verdickt, sind mit Cuticularknoten besetzt und erfüllt mit gelöstem violetten Farbstoffe im Zellsafte. Sie werden 0,7—1,14 Mm. lang, an ihrer Basis bei 0,08 Mm. breit. Auch an den Blättern und

*) Mémoires de l'acad. de Paris, 1750, p. 329.

**) Mémoires de l'acad. de Paris, 1750, p. 195.

Stengeln sind die Haare gleich gebaut, nur ist ihre Spitze oft ausserordentlich verdickt und häufig zurückgekrümmt, wo sie dann entfernt den Haaren mancher Galium-Arten (Fig. 175) gleichen.

Vincetoxicum officinale *Mnch.*

An den Blättern und Stengeln stehen mehrzellige, spitz endende Haare, bedeckt mit starken Cuticularknoten. Ihre Länge beträgt nur 0,3 Mm., ihre Breite an der Basis 0,013—0,016 Mm. Ihre Membran wird, wie die der 3 letztgenannten Pflanzen, von Jodlösung und Schwefelsäure erst nach der Behandlung mit Kali gebläut.

Erodium Manescavii *Coss.*

(Fig. 73.)

Zwischen sehr langen köpfchentragenden Haaren kommen an den Blättern und Stengeln der Pflanze andere vor, von ganz eigenthümlicher Gestalt (Fig. 73). Sie bestehen meist aus 2—3 grossen, gewöhnlich beiderseits verschmälerten Zellen, welche in der Mitte einseitig bauchig aufgetrieben und unter den verschiedensten Winkeln an einander gefügt sind. Sie haben schöne Kernzellen und viel Protoplasma, das in prachtvollen Strömen sie durchkreist. Die Schnelligkeit dieser Plasmaströmung ist eine mässige, ich fand sie 0,0046 Mm. und 0,0036 Mm. in der Secunde, also 0,276 Mm. in der Minute. Die Haare sind nicht stark verdickt, werden 0,7 Mm. bis 1,14 Mm. lang und 0,08 Mm. und mehr dick. Die bereits erwähnten Köpfchenhaare bestehen aus 8—10 Stielzellen, deren unterste zugleich die längste ist, werden bis 1,8 Mm. lang und an ihrer Basis bis 0,096 Mm. breit. Das rundliche, einzellige, zahlreiche, grosse (Amylum-) Körner enthaltende Köpfchen ist gewöhnlich 0,032 Mm. lang und 0,045 Mm. breit.

Meyen*) giebt eine schlechte Abbildung der Köpfchenhaare von Erodium cicutarium, die im Habitus denen von E. Manescani gleich sind.

Verbesina gigantea *Jacq.*

(Fig. 74 und Fig. 76.)

An den Blättern der Pflanze finden sich zahlreiche, meist

*) Meyen, Secretionsorgane. 1837, Taf. II, Fig. 2.

4zellige, spitz endende Haare. Sie sind bei der zweiten Basalzelle in der Regel horizontal umgebogen und stehen, da diese kurz sind, nur sehr wenig von der Blattoberfläche ab (Fig. 74). Sie sind mit Cuticularknoten besetzt, welche die kleine, kurze Basalzelle frei lassen und nach der Spitze des Haares zu immer stärker werden, so dass die Endzelle, zugleich die längste, sie oft in ausserordentlicher Mächtigkeit zeigt, ein Fall, der bei Pflanzenhaaren ungemein oft vorkommt. Die Zellen führen wenige, aber grosse Chlorophyllkörner und bis in ihr spätes Alter ist die (wandständige) Kernzelle in ihnen sichtbar. Am Stengel sind die Haare stärker und enthalten zahlreiche grosse Chlorophyllkörner. Ganz alte Haare, gewöhnlich zahlreiche Pilzfäden beherbergend (Fig. 76), erscheinen sehr stark verdickt und haben zahlreiche, aus kleinen, spiralförmig angeordneten Knötchen entspringende secundäre Härchen, welche wohl mit jenen Gebilden identisch sind, welche Sachs an den Wurzelhaaren entdeckte. Der Inhalt solcher alten Haare ist meist schon verbraucht, Plasma keines mehr wahrzunehmen.

Die Haare sind an den Stielen weit robuster als an den Blättern, wo sie schlanker werden. An ersteren werden sie oft beträchtlich verdickt und die Endzelle nimmt eine im Verhältnisse zu den übrigen ganz bedeutende Grösse an, indem sie nicht selten eine Länge von 0,4 Mm. erreicht. An der Zusammenstossungsstelle von je zwei Zellen sind die Haare meist etwas angeschwollen, wie etwa bei Lamium album (Fig. 71); sie werden im Allgemeinen 0,6—0,7—0,9—1,2 Mm. lang und an ihrer Basis bei 0,02—0,005—0,04 Mm. breit. Im Inhalte der Haarzellen ist Eisen nachgewiesen.*)

Eranthemum leuconeurum *Hort.*

(Fig. 77.)

Im äusseren Habitus ähneln die Haare dieser Pflanze denen bei Verbesina gigantea (Fig. 74). Auch hier ist das Haar nach den kurzen 3 Basalzellen, welche sich auch wie dort durch ihren Mangel an Cuticularknoten auszeichnen, horizontal umgebogen und die Endzelle, zugleich die längste, am stärksten verdickt und mit starken Cuticularablagerungen bedeckt, die ihre Contouren wie gesägt erscheinen lassen (Fig. 77). Die Haare enthalten viel Protoplasma

*) Weiss und Wiesner. Wiener Akademie. 1860. XL. 276.

und ihre Entwickelung sowohl als ihr Wachsthum erfolgt, wie auch bei Verbesina gigantea, von dem Grunde des Gebildes aus, es sind demnach die Endzellen die ältesten.

Im Inhalte der Haarzellen ist Eisen vorhanden.

Piper spec. nov.

(Fig. 75.)

An einer neuen Piper-Art des Wiener botanischen Gartens fand ich schöne zusammengesetzte Haare. Sie enden spitz, sind ausserordentlich robust und bestehen an ihrer Basis aus mehreren nahezu quadratischen Zellelementen; gegen die Spitze des Haares zu gehen sie in eine einfache Zellreihe über. Sie haben eine stark entwickelte Cuticula, welche Streifen darstellt. In den Zellen, welche mit farblosem Zellsafte gefüllt sind, finden sich um die Kernzellen gelagert schöne, ring- oder kranzförmig angeordnete Chlorophyllkörner. Das Haar scheint am Grunde zu wachsen.

Piper incanum *Hort. Leop.*

Die ganze Pflanze ist dicht verfilzt, an Stengeln und Blattstielen wird der Filz gebildet von langen, einfachen, vielzelligen Haaren. Sie haben farblosen Inhalt, sind nur schwach verdickt und collabiren sehr bald; an ihrer Basis variirt ihr Durchmesser zwischen 0,016—0,013—0,03 Mm. Die Blattunterseite zeigt trotz der ausserordentlichen Verfilzung sehr zahlreiche und schöne Spaltöffnungen; die filzbildenden Haare sind denen der Stengel völlig gleich.

Octomyris macrodon *Naud.*

Die Haare der Pflanze sind ausserordentlich entwickelt und aus zahlreichen Zellelementen zusammengesetzt. Sie erinnern an die robusten Haare von Ribes grossularia (Fig. 199), nur dass ihnen die Köpfchen und die secundären Haaransätze fehlen. Ihre Basis erhebt sich in Form eines Zellhügels über die Oberhaut und das Haar führt seiner ganzen Länge nach in den zahlreichen Zellreihen Chlorophyllkörner.

Gesneria patula *Hort.*

(Fig. 78.)

Die Blattoberseite trägt zierliche, spitz endende Haare, deren Basalzelle zu einem Bulbus erweitert ist, um welchen sich die Zellen

der Epidermis zu einem Hügel schliessen; die darauf folgenden oft sehr zahlreichen Haarzellen sind cylindrisch und mässig verdickt, die Endzellen hingegen sehr lang und in eine schmale Spitze ausgezogen. Ihr Durchmesser ist beträchtlich kleiner als der der nächsten Haarzelle, so dass an ihrer Verbindungsstelle eine Stufe vorkommt und die Endzelle wie aufgesetzt erscheint (Fig. 78). Diese charakteristische Haarformen begegnen mir bei vielen anderen Arten dieses Geschlechtes (Fig. 244 von Gesneria spicata). Die Haare führen in allen ihren Zellen Chlorophyllkörner und reichliches Protoplasma; die Endzelle verdickt sich gegenüber den anderen stets nur mässig verdickten Mittel- und Basiszellen oft ganz enorm, so dass von ihrem Lumen kaum mehr eine Spur übrig bleibt. Aeltere Haare erscheinen oft von Pilzfäden durchzogen. — Neben diesen Haaren kommen zahlreiche 2—4zellige, auf einer einzelnen Stielzelle sitzende Glandeln vor, in deren Kopfzellen die riechende Substanz abgesondert wird. Die Form dieser Glandeln ist jene der Glandeln von Lantana Jungii (Fig. 85), Salvia-Arten u. s. w. Die Entwickelung dieser Haare erfolgt vom Grunde aus, sie geschieht genau in der Weise wie bei Gesneria spicata (Fig. 238—244), welche wir später erörtern werden.

Gesneria mollis *R. Br.*

An den Blattrippen finden sich sehr lange, durchaus schwach verdickte, spitz endende, vielzellige Haare vor, welche denen der Gesneria patula (Fig. 75) sehr ähnlich sind, und wie diese an der Vereinigungsstelle von je zwei Zellen Terrassen bilden. Sie haben farblosen Inhalt, in welchem zahlreiche Chlorophyllkörner suspendirt sind. Sie werden bis 4 Mm. lang und darüber, an ihrer Basis bei 0,11—0,14 Mm. breit, die Basalzelle für sich nicht selten bis 0,7 Mm. lang. Ihre Basis wird von den Oberhautzellen umschlossen, sie collabiren im Alter sehr häufig und werden bandförmig, dabei erscheinen sie öfter braun gefärbt.

An der Blattoberseite stehen die gleichen Haare, nur sind sie da weit kürzer und ihre Basis ist in einem grossen Zellhügel verborgen; die Blattunterseite ist mit einem dichten Haarfilze überzogen und zeigt Glandeln, überdies trotz des sehr dichten Filzes zahlreiche Spaltöffnungen.

Kalilösung färbt junge Haare intensiv, erwachsene nur sehr matt gelblich, Eisenchlorid lässt in den Zellen derselben eben nur Spuren von Gerbstoff erkennen.

Achimenes grandiflora *DC.*

Den eben beschriebenen Haaren von Gesneria-Arten ausserordentlich ähnlich sind jene, welche Blätter und Stengel von Achimenes grandiflora bedecken. Sie sind an ihrer Basis zu einem Bulbus angeschwollen, den die Oberhautzellen halb umfassen. Die Endzelle derselben wird im Alter sehr stark verdickt und führt wie die übrigen Zellen Chlorophyll. Die Länge dieser Haare beträgt meist 1,14 Mm., ihre Breite an der Basis bei 0,096 Mm. Ihre Entwickelung wird den gleichen Haaren bei Gesneria-Arten wohl gleich sein und das Haar daher gleichfalls an seinem Grunde wachsen.

Goldfussia glomerata *Nees.*

Die Pflanze hat lange, auf einem Zellhügel stehende, mehrzellige, spitz endende Haare, welche einen gelösten, violett-rothen Farbstoff enthalten. Es tritt derselbe erst später auf und wird im Alter rostbraun. Nicht selten führt die Endzelle nebst dem violetten einen gelösten grünen Farbstoff.*) Alle Zellen sind ziemlich stark verdickt und enthalten reichlich Protoplasma, dessen Ströme gewöhnlich schon in jungen Haaren stehende werden, ihre Kernzelle erhält sich sehr lange. Nebst diesen Haaren kommen zahlreiche köpfchentragende vor, welche auf meist 2 Stielzellen, deren untere die längere ist, ein vielzelliges Köpfchen tragen und die Träger der riechenden Substanz der Pflanze sind. Die Cuticula der Haare ist zu Streifen entwickelt.

Im Inhalte der Haarzellen ist Eisen nachweisbar.**)

Gaillardia aristata *Pursh.*

Die Haare an den Blüthenorganen sind mehrzellig und ausgezeichnet durch einen starken Cuticularansatz an ihrer Endzelle. Ihr Inhalt besteht aus einem gelösten blassrothen Farbstoffe, in welchem zahlreiche, spindelförmige, runde und zweispitzige, gelbe Farbstoffkörper suspendirt sind, deren Bau und Entwickelung ich

*) Weiss, A., Sitzungsberichte der K. Acad. der Wissensch. zu Wien. 1866, Bd. 54, Fig. 34, Taf. II.

**) Weiss, A., und Wiesner, S. Wiener Acad. 1860. XL. 276.

nachgewiesen habe.*) — Die Zellwände der Haare sind schon in jugendlichem Zustande stark in Cuticularsubstanz umgewandelt; Jodlösung und Schwefelsäure färben sie braunroth. Der Fortsatz am Ende, in jugendlichen Zuständen der Haare nicht vorhanden, ist wohl nur als einzelner Cuticularknoten zu betrachten und keineswegs mit Formen zu verwechseln, wie ich sie bei Ajuga pyramidalis (Fig. 271), Digitalis lutea (Fig. 258), Geranium sylvaticum (Fig. 308) u. a. Haaren auffand und die man wohl als Zellen deuten muss.

Verbena sp. culta.

Am Kelche der meisten cultivirten Verbena-Arten stehen sehr lange, 7—8zellige in eine Spitze endende Haare, die einen blassrothen gelösten Inhalt führen. Sie sind ausserordentlich stark verdickt, erreichen eine Länge von 0,76—1,15 Mm. und werden an ihrer Basis meistens 0,035 Mm. breit; die Dicke ihrer Wandung steigt dabei oft auf 0,013 Mm., so dass für das Lumen nur ein Durchmesser von 0,009 Mm. und weniger übrig bleibt.

Guettard**) giebt für Verbena-Arten conische, mehrzellige Haare an, welche von einem Zellhügel getragen werden. Zwischen ihnen stehen goldgelbe, kugelige oder becherförmige Köpfchenhaare.***) Sie ähneln in Hinsicht ihrer Steifheit den Haaren der Borragineen.

Columnea Schiedeana *Schlecht.*

Die Blumenblatthaare der Pflanze sind mehrzellige, lange, mit einer spitz zulaufenden Endzelle geschlossene Haare, ausgezeichnet durch ihre zahlreichen, zierlichen Porencanäle. Die Zellelemente sind sehr gross und enthalten neben zahlreichen Chlorophyllkörnern entweder farblosen Zellsaft und in ihm häufig noch kugelige, carminrothe Farbstoffballen, oder dergleichen Concremente in einem blassrosa gelösten Farbstoffinhalte.†)

*) Weiss, A, Sitzungsber. der kais. Wiener Acad. 1866, Bd. 54, Taf II, Fig. 25.

**) Mémoires de l'acad. de Paris. 1749, p. 397.

***) Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass so oft von kugeligen oder becherförmigen Köpfchenhaaren die Rede ist, sich das Adjectivum lediglich auf die Gestalt des Köpfchens bezieht.

†) Weiss, A., Sitzungsber. der kais. Wiener Acad. 1866, Bd. 54, Taf. III, Fig. 35.

In Berührung mit der Luft bläut sich der Farbstoff und zieht in alten Haaren mehr ins Mennigrothe über. Er legt sich dann hauptsächlich an die Zellwandung an. Mit Jodlösung behandelt, gerinnt er in den Zellen zu zahllosen grösseren und kleineren Kugeln, welche sogleich in heftige Molecularbewegung gerathen und deren mehrere später zu grösseren Kugeln sich verbinden. Dabei behält er indess immer seine ursprüngliche Farbe bei. Schwefelsäure zerstört ihn nicht, doch coagulirt er in Berührung mit derselben zu Klumpen. Salpetersäure färbt ihn mennigroth, ohne indess anfangs ein Gerinnen derselben zu bewirken. Salzsäure entfärbt ihn nicht, er coagulirt zu Klumpen und Kugeln. Königswasser färbt ihn mennigroth, worauf er coagulirt. Chlorwasser entfärbt ihn nicht, er coagulirt in Berührung mit demselben zu grösseren und kleineren Klümpchen. — Die Haarzellen führen sämmtlich viel Protoplasma, welches selbst dann, wenn dieselben bereits mächtige Porencanäle zeigen, noch ausserordentlich kräftig strömt. Der Strom führt die Chlorophyllkörner mit fort und zwar so schnell, dass sie dort, wo durch einen Zweigstrom oder ein anderes Hinderniss die Bewegung plötzlich verlangsamt, das Protoplasma wie ein Schiffskiel vor sich herstossen. Sind grössere Klumpen in den Zellen, so rotiren sie zuerst um sich selbst, ehe sie sich fortbewegend Bahn brechen. Auch die in den Haarzellen häufig vorkommenden rhombischen Krystalle werden vom Strome weitergerissen. Die Schnelligkeit der Strombewegung bestimmte ich an einem Ocularmikrometer auf etwa 0,0005 Zoll = 0,0027 Mm. in der Secunde.

Salvia splendens *Ker.*

(Fig. 79 — Fig. 84.)

Die zierlichen Haare der Blumenkrone sind kegelförmig und mehrzellig (Fig. 81), erfüllt mit einem gelösten, rosa Farbstoffe, schwach verdickt, mit punctirter Cuticula und grossen Cytoblasten. Der Farbstoff bläut sich an der Luft, wird von Alkohol nur wenig extrahirt, dagegen durch ein prächtiges Violett geführt und die Kernzellen dabei deutlich sichtbar gemacht. Der Einwirkung von Salpetersäure widersteht der Farbstoff lange Zeit, er geht dabei ins Gelbe über, färbt sich indess bald wieder roth (durch Verdünnung des Reagens im Wasser des Objectträgers) und coagulirt zu

Klumpen und Fetzen, die sich an die Zellwandungen legen; nach und nach wird er indess zerstört. Mit Jodlösung behandelt gerinnt er zu rothbraunen Klümpchen, Salzsäure zerstört ihn ebenfalls nur äusserst langsam, er wird auch durch sie in's Gelbe übergeführt. Bereits im jugendlichen Zustande, wenn das nachher vielzellige Haar erst aus einer einzigen über die Oberhaut emporwachsenden Zelle besteht (Fig. 79), ist der vom Plasma freie Inhalt derselben mit gelöstem, rothen Zellsafte erfüllt. Die Zelle theilt sich bald darauf in 2 (Fig. 80), deren oberste (Fig. 80 b.) zur Endzelle des Haares wird und der Theilungsprocess wird am Grunde (Fig. 80 a.) des jungen Haares so lange fortgesetzt, bis das Haar ausgebildet ist. Mittlerweile haben sich die ältesten Zellen (an der Spitze des Haares) bereits mit den Knötchen der Cuticula bedeckt (Fig. 81), die Verdickung der Membran ist aber nur wenig weiter gediehen.

Die ganze Oberhaut der unteren Blumenblattfläche ist mit zahlreichen Glandeln bedeckt. Sie entspringen wie die erwähnten Haare aus einer über die Oberhaut nach und nach sich erhebenden Zelle, die sich theilt, deren Endzelle jedoch bald kugelig wird (Fig. 82 b.), später den rothen Farbstoff verliert und eine krümmliche Materie erzeugt. Später theilt sich diese Köpfchenzelle wieder durch eine verticale Scheidewand in zwei oder vier Tochterzellen (Fig. 83). Der Inhalt derselben wird durch Salpetersäure gelbgrün gefärbt (Fig. 83); man erkennt bei längerer Einwirkung des verdünnten Reagens deutlich die Membrancontouren der einzelnen Tochterzellen (Fig. 84 c.), während die umschliessende Haut der Mutterzelle ausserordentlich stark aufquillt und deutliche Schichtensysteme zeigt (Fig. 84 d.). In jungen Stadien kann man mit Hilfe dieses Reagens die getrennten Inhalte der beiden Tochterzellen bereits dann sichtbar werden, wenn man ohne Anwendung desselben den beginnenden Theilungsprocess nur aus dem Vorhandensein zweier Kernzellen schliessen kann.

Coleus aromaticus *Benth.*

Blattstiele und Blätter sind mit seidenweichen, weissen Haaren wie mit Filz überzogen. Am Stengel und der Unterseite der Blätter sind die Haare dieses Filzes vielzellig, conisch, mässig verdickt, aber nach der Art der Haare von Salvia splendens (Fig. 81)

dicht mit Cuticularleistchen besetzt. An den Querwänden der Zellen sind sie öfter buchtig aufgetrieben, stehen selten gerade, sondern erscheinen meist mehrfach geknickt. Sie stehen auf 3—6 erhobenen Epidermiszellen und ihr Inhalt ist farblos. Sie werden 0,4—0,5—0,8 Mm. lang, an ihrer Basis 0,03—0,05 Mm. breit und wenn man sie abzieht oder entfernt, wird man durch eine gelbe unter dem weissen Haarfilze zum Vorscheine kommende Färbung überrascht. Sie rührt von zahlreichen Glandeln her, deren Köpfchen fast ausnahmslos aus 4 Zellen besteht (wie Fig. 288), die eine intensiv gelbrothe Substanz enthalten und absondern, die sehr leicht ausfliesst und so die gelbe Farbe bedingt.

Kalilösung färbt den Inhalt der Haarzellen grünlich, die Glandeln rothbraun; die Epidermiszellen, auf denen beide stehen, enthalten viel Amylum, die Haarzellen nicht. Mit Eisenchlorid sind in ihnen nur Spuren von Gerbstoff nachweisbar.

An der Oberseite der Blätter stehen dieselben Haare, sie sind da 0,7—0,8 Mm. lang und an ihrer Basis 0,03—0,05 Mm. breit; die Basalzelle ist da stets die längste (oft 0,4 Mm.), die oberen sitzen terrassenförmig auf ihr auf; die Anzahl der Haarzellen beträgt meist 4, seltener 3; sie werden am Grunde von den Oberhautzellen umfasst. Im Habitus gleichen diese Haare denen von Gesneria-Arten (Fig. 78). Kalilösung färbt junge Stadien gelb, erwachsene Haare grünlich gelb; Amylum findet sich in ihnen nicht.

Rivinia humilis *L.*

Jüngere Stengel und Blattstiele tragen vielzellige, mässig verdickte, stumpf endende cylindrische Haare. Sie führen farblosen Zellsaft und sind in der Nähe ihrer Basis häufig gabelig getheilt. Diese Haare wachsen an ihrem Grunde (dort sind auch die Zellen am kürzesten und protoplasmareichsten), werden 0,2—0,5—0,7—0,9 Mm. lang und an ihrer Basis 0,025—0,029 Mm. breit; Eisenchlorid lässt in ihrem Inhalte kaum Spuren von Gerbstoff erkennen.

An der Blattunterseite sind die Haare denen an den Stengeln in allen Stücken gleich, an der Blattoberseite indess viel kürzer.

Auch bei Rivinia humilis trägt die Blattunterseite, trotz ihres dichten Haarfilzes, zahlreiche Spaltöffnungen.

Lantana Jungii *Hort.*

(Fig. 85 und Fig. 86.)

An Blättern und Stengeln stehen einzellige, spitz endende Haare. Sie sind unten zu einem Bulbus angeschwollen, der halb in einem Zellhügel der Oberhaut steckt, wie dies auch die Haare von Symphytum officinale (Fig. 87) u. A. zeigen, dabei stark verdickt und gewöhnlich mit Cuticularknoten besetzt, führen auch einzelne Chlorophyllkörner im Inhalte.

Die den riechenden Stoff bereitenden und ihn führenden Glandeln (Fig. 85) entstehen aus einer sich über die Epidermis erhebenden Oberhautzelle, die bald in zwei zerfällt (Fig. 86). Die oberste derselben (Fig. 86 b.) wird im weiteren Wachsthume kugelig und theilt sich später in zwei (Fig. 85 b. b.), womit die Glandel ausgebildet ist. Ihr Inhalt besteht neben Protoplasma aus zahlreichen farblosen Körnern (Amylum?) und einer gewöhnlich wandständigen Kernzelle. Die Zellhaut ist nur schwach verdickt.

Asclepias syriaca *L.*

Die ganze Pflanze ist mit einfachen, mehrzelligen, kegelförmigen Haaren bedeckt; an der Unterseite der Blätter stehen sie so dicht, dass sie einen weissen Filz bilden. Sie sind 0,13—0,8 Mm. lang, an der Basis 0,016—0,022 Mm. breit, mit Cuticularknoten besetzt, nicht stark verdickt und mit farblosem Zellsafte erfüllt. Im Alter sterben sie häufig von der Spitze nach der Basis zu ab.

Chelidonium majus *L.*

An der Pflanze stehen zerstreut sehr lange, 40—60- und mehrzellige einfache, unverzweigte, kegelförmige Haare, deren Membran sich selten beträchtlich verdickt.

Guettard*) giebt für Chelidonium knotige (?), lange, perlmutterfarbene conische Haare an.

Clematis recta *All.*

Die Haare der Filamente sind kegelförmig, spitz endend. Ihre Länge beträgt bis 3 Mm., ihre Breite an der Basis bis 0,03 Mm.

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750, p. 350.

Sie sind sehr stark verdickt und es beträgt der Durchmesser der Zellhäute nicht selten bis 0,004 Mm. und mehr.

Anemone Halleri *All.*

Die Unterseite der Blumenblätter hat bis 8 Mm. lange, 0,01—0,23 Mm. breite, einzellige Haare. Ihre Verdickung ist ausserordentlich stark, da sie bei dem geringen Durchmesser der Haare oft 0,011 Mm. auf jeder Seite erreicht, das eigentliche Lumen der Zelle also nur 0,001 Mm. beträgt. Dabei sind die Haare keineswegs spröde, sondern sehr biegsam und geschmeidig.

Asterocephalus ochroleucus *L.*

Die Unterseite der Blumenblätter ist bedeckt mit einzelligen, spitz endenden, schwach verdickten Haaren. Sie haben keine Cuticularknoten und führen farblosen Inhalt. Ihre Länge beträgt im Mittel 0,7 Mm., ihre Breite an der Basis variirt zwischen 0,013—0,016—0,022 Mm.

An den Stengeln der Pflanze sitzen ganz kurze, einzellige, spitz endende, sehr stark verdickte und ebenfalls mit farblosem Zellsafte erfüllte Haare. Ihre Länge variirt zwischen 0,013—0,096 Mm., ihre Breite an der Basis zwischen 0,0096—0,016 Mm. Sie gehören zu den kürzesten Haargebilden.

Scabiosa pratensis *L.*

An Blättern und Stengeln stehen sehr lange, einzellige, stark verdickte, spitz endende Haare. Sie sitzen auf einem Zellhügel der Oberhaut und sind mit mässig grossen Cuticularknoten bedeckt. Die Länge dieser Haare beträgt 1,14—1,15 Mm., ihre Breite am Grunde 0,03—0,04—0,05—0,06 Mm.

Die Kelchzipfel der Blüthe sind geschlossen durch ein einzelliges, ausserordentlich stark verdicktes Haar.

Schrank*) bildet diese Haare ausserordentlich schlecht ab, seine Figur ist eben nur eine Copie des Guettard'schen.

---

*) Nebengefässe. Taf. I, Fig. 5.

Symphytum officinale *L.*

(Fig. 87 – Fig. 94.)

Die Haare an den Blättern und Stengeln der Pflanze sind einzellig, spitz endend, mässig verdickt, mit schönen Porencanälen (Fig. 87) versehen. Sie sind an ihrer Basis plötzlich stark erweitert und dieser Bulbus bildet mit den ihn umschliessenden Epidermiszellen einen mehr oder weniger grossen Zellhügel der Oberhaut. Die Länge dieser Haare beträgt bis 1,6 Mm., der Durchmesser ihres Bulbus 0,139–0,19 Mm., daher ihr Kubikinhalt 0,02 Kubikmillimeter. Am Stengel sind sie besonders robust — weil stark verkieselt — und mit sehr starken Cuticularknoten besetzt (Fig. 88). Mächtige Protoplasmamassen sind in fortwährender Strömung in ihnen begriffen.

Das Haar entsteht aus einer Epidermiszelle, welche meist an ihrer oberen Wandung die Kernzelle trägt (Fig. 89), von der aus schon hier Protoplasmaströme zur gegenüberliegenden Wand verlaufen. Mit dem Wachsthume dieser Zelle wandert die Kernzelle mehr in die Mitte derselben (Fig. 90) und nimmt beim noch weiteren Wachsthume ihre Lage an der Basis der Zelle (Fig. 93), woselbst sie verbleibt. In die Zeit, wo die Kernzelle basisständig wird, fällt die Periode des grössten Spitzenwachsthumes und alle Plasmaströme sind nach dem Hauptorte desselben (der Spitze) gerichtet (Fig. 91. 92. 93), ein nicht zu unterschätzendes Moment, da es vielleicht die rasche Ausdehnung der Membran befördern hilft. Die Zelle beginnt dabei, während sie rasch an Ausdehnung zunimmt, sich allmälig zu krümmen und zuzuspitzen (Fig. 92. 93). Betrachtet man die Art der Krümmung und die in dieser Zeit verlaufenden Protoplasmaströme bezüglich ihrer Richtung, so lässt sich der Zusammenhang zwischen beiden nicht leugnen und führt zu der Ansicht, dass die Krümmung der Zelle durch nichts anderes als durch den Anstoss, respective die Rückwirkung der Protoplasmaströme in derselben auf die Membran bedingt werde. Wir hätten da eine ganz einfache Erklärung der letzten Ursache der Gestaltung des Haares gefunden.*)

Im weiteren Verlaufe der Entwickelung schwillt die Basis der

*) Eine Vergleichung meiner Figuren junger Entwickelungsstufen von Haaren, in denen die Richtung der Plasmaströme stets mit der gewissenhaftesten Sorgfalt genau der Natur nach wiedergegeben ist, wird viele ähnliche Fälle erkennen lassen.

Haarzelle immer mehr an — vielleicht auch in Folge erhöhter Strömungsthätigkeit nach dieser Richtung — und die umliegenden Epidermiszellen treten allmälig umschliessend an den beginnenden Bulbus heran. Dabei verdickt sich die Zellwand rasch und es treten zahlreiche Porencanäle in derselben auf.

Geeignete Reagentien geben über die, während der beschriebenen Vorgänge in der Zelle vor sich gehenden stofflichen Veränderungen wenigstens einigen Aufschluss.

In jungen Stadien (Fig. 90—93) bewirkt die Behandlung mit Kalilösung keinerlei Färbung des Inhaltes, doch lässt sich in demselben durch Eisenchlorid Gerbstoff nachweisen. Mit Kupfervitriol behandelt, hierauf ausgewaschen und Kalilösung hinzugefügt, färben sich die jungen Stadien bereits vor dem Erwärmen violett, dagegen ist von Zucker oder Amylum keine Spur in denselben nachzuweisen. Erwachsene Haare färbt Jodlösung von der Spitze gegen die Basis zu gelbbraun, die Spitze am intensivsten und zuerst, das Plasma wird goldgelb. Mit Kalilösung behandelt wird der Inhalt sogleich intensiv gelb, mit Eisenchlorid lassen sich nur noch Spuren von Gerbstoff nachweisen. Legt man ältere Haare in Kupfervitriollösung und nach dem Auswaschen in Kalilösung und erwärmt hierauf, so entsteht in den Haaren massenhaft ein gelber bis gelbbrauner Niederschlag; gegen die Spitze zu färbt sich der Inhalt häufig noch schön violett. Die den Bulbus umschliessenden Oberhautzellen erscheinen ebenfalls violett, doch ohne weiteren Niederschlag. Jodlösung und Schwefelsäure färben die Wände des Haares erst nach der Behandlung mit Kalilösung blau.

Nebst den oben besprochenen, robusten, stark verkieselten Haaren sind noch dünnwandige, keulenförmige vorhanden, auch finden sich eigenthümliche, fadenartige, gewöhnlich zu mehreren an einem gemeinschaftlichen Stiele sitzende Haare vor (Fig. 94). Ihr Durchmesser variirt zwischen 0,0014—0,0033 Mm., und sie haben dort, wo zwei Zellen zusammenstossen, borstenförmige Anhänge. Ihre Entwickelung konnte ich nicht verfolgen.

Bereits Guettard*) giebt für Symphytum mehr oder weniger gebogene Haare an, die auf einem Zellhügel stehen.

---

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1747. p. 628.

Caryolopha sempervirens *F.* et *Tr.*

Stengel und Blätter der Pflanze sind rauhhaarig. Die Haare sind bis 5 und 6 Mm. lang, an ihrer Basis 0,13—0,16 Mm. breit, unten bulbusartig angeschwollen, meist einzellig und stark verdickt. Im Habitus gleichen sie daher den gewöhnlich bei Borragineen vorkommenden Haaren. Sie enden spitz und sind im Alter mit Cuticularknoten besetzt, häufig auch mit einem gelben Farbstoffe erfüllt. In jungem Zustande sind in ihnen ganz enorme Protoplasmamassen in Bewegung, welche zahlreiche Bläschen und Vacuolen des Inhaltes mit sich fortreissen. Die Schnelligkeit der Strömung fand ich bis zu 0,005 Mm. in der Secunde. Wenn einzellig, gehören diese Harre zu den grössten bekannten Einzelzellen, da ihr Kubikinhalt nach meinen Messungen häufig 0,04 Kubikmillimeter übersteigt. Ihre Entwickelung ist genau dieselbe wie die der Haare von Symphytum officinale.

An den Lappen der Blumenkrone gehen die Papillen der Oberhaut häufig in einzellige, bis 0,19 Mm. lange und mit gelöstem blauen Farbstoffe erfüllte, spitz endende Haare über, die indess nie beträchtliche Verdickung ihrer Wandungen zeigen.

Asperugo procumbens *L.*

Die Haare dieser Pflanze sind denen von Symphytum officinale (Fig. 87) der Gestalt nach völlig gleich, nur weitaus mehr verdickt und daher um ein beträchtliches steifer. Sie haben kräftige Cuticularknoten und der Hügel der Oberhaut, auf welchem sie stehen, ist grösser wie bei Symphytum, wie denn auch das ganze Haar um vieles robuster und geradezu eine Borste ist. Die Entwickelung geschieht genau in derselben Weise wie bei der genannten Pflanze.

Myosotis arvensis *L.*

Die Haare sind einzellig, ausserordentlich stark verdickt und mit starken Cuticularknoten bedeckt. Ihre Basis ist bulbusartig angeschwollen und der Bulbus liegt, wie man an gelungenen Querschnitten sieht, nicht über, sondern vollkommen im Niveau der Oberhautzellen. Er ist, sowie die Epidermiszellen gewöhnlich mit einer schmierigen, gelbbraunen Materie erfüllt.

Guettard*) giebt an den Kelchen von Myosotis-Arten mehrzellige einfache Haare und Köpfchenhaare an, seltener verästelte Haare.

Myosotis palustris *L.*

An Blättern und Stengeln Haare, welche denen von Symphytum officinale (Fig. 87) völlig gleichen. Die Oberhautzellen umfassen den Bulbus des einzelligen, stark verdickten Haares um etwas über die Hälfte. Die Cuticularknoten sind zahlreich und gross und das Haar wird bis 0,8 Mm. lang, also im Allgemeinen kürzer als die ähnlichen Haare von Symphytum etc.

Malva sylvestris *L.*

An Blättern und Stengeln einzellige, sehr lange, spitz endende Haare. Sie sind sehr robust und stark verdickt, bis 1,13—1,41 Mm. und mehr lang, an ihrer Basis 0,038—0,058—0,07 Mm. breit. Mit Kalilösung behandelt treten die Einzelschichten der Zellhaut mit überraschender Deutlichkeit hervor.

Malva rotundifolia *L.*

Am Stengel der Pflanze stehen einzellige spitz endende Haare, welche schwach verdickt sind und reichlich Protoplasma führen. Ihre Länge beträgt bis 1,52 Mm., ihre Breite an der Basis 0,019—0,026 Mm. Alle diese erwähnten Haarformen entwickeln sich genau so wie die Haare von Symphytum officinale, worauf ich verweisen muss.

Genista linifolia *L.*

(Fig. 95 und Fig. 96.)

Die Haare an der Unterseite der Blätter und den Riefen des Stengels sind einzellig, in der Jugend schwach verdickt und ohne Cuticula (Fig. 95), später von zierlichen kleinen Cuticularknötchen bedeckt (Fig. 96), welche an zarten Cuticularlamellen sitzen. Der Grund erwachsener Haare färbt sich durch Kalilösung intensiv gelb, bei längerer Einwirkung auch das ganze Lumen des Haares, in concentrirter Kalilösung gekocht, verschwindet die Cuticula und

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750. p. 368.

man sieht dann, wie ausserordentlich stark alte Haare verdickt werden. Jodlösung und Schwefelsäure färben die Membranen so behandelter Haare allsogleich schön blau.

Fuchsia corymbifolia *R.* et *P.*

Am Blattstiele stehen mehrzellige, kugelförmige Haare mit mässig verdickten Wandungen und besetzt mit zahlreichen Cuticularknötchen. Die Haare sind gewöhnlich fünfzellig und zeigen in der Jugend schöne Protoplasmaströme. Die Form ihrer Cuticula ist der an den Haaren von Genista linifolia (Fig. 96) gleich.

Nepeta Mussini *Henk.*

Am Kelche der Pflanze finden sich mehrzellige, mit gelöstem violetten Farbstoffe erfüllte und mit Cuticularknötchen bedeckte, im Uebrigen nicht stark verdickte, spitz endende Haare vor. Sie werden 0,5—0,8 Mm. lang, an ihrer Basis 0,0096—0,016—0,019 Mm. breit und sterben häufig frühe an der Spitze ab, worauf sie sich gewöhnlich vielfach krümmen. Der Farbstoff im Inhalte bleicht im Alter und ist nur in jungen Haaren einigermaassen intensiv vorhanden. Die Haare wachsen am Grunde weiter.

Auch die Blumenblätter tragen die gleichen Haare, dagegen sind sie am Stengel weitaus kürzer und mit zahlreichen Glandeln vermischt.

Justicia carnea *Lindl.*

An den Blattrippen sitzen mehrzellige, conische, schwach verdickte, bis 0,7 Mm. lange und an ihrer Basis 0,03—0,07 Mm. breite Haare. Sie sind dicht mit Cuticularleisten bedeckt, ihr Inhalt farblos oder blassrosa. Chlorophyllkörner lagern meist an den Verbindungsstellen zweier Gliedzellen, denen die Cytoblasten niemals fehlen. Zwischen diesen Haaren treten kürzere köpfchentragende auf. Die Blattunterseite zeigt dieselben Haare, an der Blattoberseite erscheinen indess die Cuticularleisten der Basalzellen weit gestreckter und spärlicher, nach der Spitze des Haares zu gehen sie aber successive in Cuticularknoten über. Die Haare ähneln denen der Brunfelsia eximia (Fig. 56).

Brugmansia fragrans *Hort.*

An den Blattrippen finden sich mehrzellige, sichelförmig gekrümmte, conische 0,2—0,4 Mm. lange und an ihrer Basis 0,02—0,04 Mm. breite Haare. Sie sind meist vierzellig, schwach verdickt, aber mit zahlreichen Cuticularknoten bedeckt, welche nach der Basis des Haares zu immer schwächer werden. Der Inhalt ist farblos und die Basalzelle des Haares der Heerd des Wachsthums, die Spitzenzelle die älteste. Die Blattunterseite der Pflanze trägt dieselben Haare, doch sind sie dort länger und meist gerade gestreckt.

Doronicum Bourguei *Hort.*

Der Haarfilz an der Blattunterseite und Blattstielen ist dem bei Onopordon Acanthium beschriebenen (Fig. 120) völlig gleich. Die Breite der ihn bildenden Haare variirt zwischen 0,02 und 0,06 Mm. Im jugendlichen Zustande enthalten die Zellen spärliche Chlorophyllkörner, auch gelösten rosa Inhalt, collabiren aber sehr bald bis auf einen Durchmesser von kaum 0,003—0,006 Mm.

Die Pflanze zeigt, trotz ihres dichten Haarfilzes, an ihrer Blattunterseite zahlreiche Spaltöffnungen.

Conoclinum janthinum *Hort.*

An den Blattrippen der Pflanze stehen Haare, welche denen der Blüthentheile von Cucurbita Pepo (Fig. 7) etc. im Habitus sehr ähneln. Sie sind vielzellig, cylindrisch, bei 0,05 Mm. breit und enthalten zahlreiche Chlorophyllkörner in farblosem oder violettem Zellsafte. Ihre Dauer ist eine kurze, sie sterben sehr bald ab.

Edwardsia grandiflora *Salisb.*

(Fig. 97 und Fig. 98.)

Die Unterseite der Kelchblätter trägt zweizellige, im Alter (Fig. 98) mit Cuticularknoten besetzte, stark verdickte und spitz endende Haare. Ihre Länge variirt zwischen 0,4—0,8 Mm., ihre Breite an der Basis zwischen 0,013—0,03 Mm. Die Membran sowohl als der Inhalt dieser Haare ist gelb; sie färben sich mit Kalilösung behandelt, an ihrer Basis braungelb. Junge Haare (Fig. 97)

enthalten den gelösten gelben Farbstoff entweder gar nicht oder äusserst blass, auch zeigen sie keine Cuticularknoten, die sich erst spät entwickeln.

Hydrangea quercifolia *Bertram*.

(Fig. 99.)

An der Unterseite der Blätter sind ein-, seltener zweizellige, spitz endende Haare vorhanden, welche bis 0,6 Mm. lang und an der Basis bis 0,03 Mm. dick werden. Ihre Verdickung ist sehr stark, da die Zellhäute oft bis 0,013 Mm. im Durchmesser halten und dann das Lumen selten über 0,004 Mm. beträgt. Sind 2 Zellen vorhanden, so ist die Basalzelle kurz, fast ohne Cuticula und enthält meist einen gelbbraunen, zu Kugeln und Flocken geballten Farbstoff (Fig. 99). Die stets spitz zulaufende Endzelle ist durch die ausserordentlich starken Cuticular-Entwickelungen ausgezeichnet, welche dem Haare ganz und gar das Aussehen jener gestreckten Cystolithen in den Zellen vieler Justicia-, Rheum-, Urtica- und Begonia-Arten geben. Die Haare sind, wenn zweizellig, nie aufrecht stehend, sondern umgebogen.

Neben diesen Haaren ist auch ein Filz vorhanden, welcher aus vielfach gewundenen, sehr langen, meist 0,009—0,016 Mm. dicken, gewöhnlich gelbbraun gefärbten Haaren besteht.

Tagetes spec.

(Fig. 100.)

Viele Theile der Pflanze sind verfilzt. Die Haare, aus denen dieser Filz besteht, sind ausserordentlich lang, an ihrer Basis 0,040—0,054 Mm. breit und mit einem gelösten violetten Farbstoffe gefüllt, in welchem man die grossen Cytoblasten deutlich wahrnimmt (Fig. 100). Die Spitzenzellen des Haares sterben bald ab, collabiren und rollen sich vielfach zusammen. Das ganze Haar ist von einer zart punctirten Cuticula bekleidet. Ammoniak färbt den Farbstoff blau — blaugrün — grün — grüngelb — gelbgrün.

Potentilla resplendens *Hort. Zürch.*

(Fig. 101.)

Die Haare an Blättern und Stengeln sind nicht aufrecht,

sondern eingebogen. Sie sind einzellig, bis 1 Mm. lang und 0,01—0,02 Mm. dick, spitz endigend und beträchtlich stark verdickt.

Der wollige Haarfilz an der Unterseite der Blätter besteht aus luftführenden, mässig verdickten, vielfach verschlungenen, einzelligen Haaren (Fig. 101). Sie endigen stumpf, erreichen eine Länge von 3 Mm. und mehr, ihre Breite geht indess selten über 0,006 Mm. hinaus.

Potentilla argentea *L.*

Fast alle Theile der Pflanze sind verfilzt. Der Haarfilz besteht aus einzelligen, ausserordentlich langen und dünnen Haaren, die mit Luft erfüllt sind und im Alter sich beträchtlich verdicken. Sie erscheinen auf das Mannigfachste durcheinander geschlungen, collabiren indess nur selten.

Potentilla pulcherrima *Lehm.*

Der auch bei dieser Pflanze weiss erscheinende Haarfilz besteht aus einzelligen, 3—4 Mm. langen und an der Basis bis 0,025 Mm. dicken, spitz endenden Haaren. Es sind dieselben mässig verdickt und luftführend.

Potentilla hirta *L.*

Die Haare am Kelche sind ausserordentlich lang, einzellig, spitz endend und stark verdickt. Ihre Länge beträgt bis 3,7 Mm. und mehr, die Breite an ihrer Basis zwischen 0,019—0,03 Mm.

Guettard*) giebt für Potentilla-Arten mehr oder weniger purpurfarbene becherförmige Köpfchenhaare an, welche meist an Kelchen und Blüthenstielen stehen, nebstdem cylinderförmige Haare in grosser Menge.

Rubus Idaeus *L.*

Blätter und Stiele, insbesondere erstere an ihrer Unterseite, sind von einem weisslich glänzenden Filze überzogen. Die Haare, welche ihn bilden, sind einzellig, bis 0,7 Mm. lang, ausserordentlich stark verdickt und sterben bald ab. Sie führen Luft und win-

*) Mémoires de l'académie de Paris. 1750. p. 348.

den sich mannigfach durch einander. Ihr Durchmesser beträgt meist nur 0,003—0,006 Mm., seltener 0,013 Mm.

Pyrus Aria *Ehrh.*

Die Wolle an jungen Stengeln und den Blättern besteht aus dickwandigen, mit Luft erfüllten, langgestreckten, einzelligen Haaren, welche mannigfach zusammengeschrumpft und verwirkt erscheinen.

Guettard*) giebt an Stielen und Stipeln längliche Napfdrüsen an.

Vitis vinifera *L.*

An den Blattrippen sitzen kegelförmige, beträchtlich verdickte, ein- bis mehrzellige, den Haaren von Glechoma (Fig. 108) ähnliche Haare, welche mit mehr oder weniger starken Cuticularstreifen bedeckt sind. Die Dimensionen dieser Haare sind sehr verschieden, doch bewegt sich ihre Länge meist zwischen 0,2—0,38—0,5 Mm. herum. Die Blattunterseiten sind mit einem weissen Filze bekleidet. Er besteht aus einzelligen, 0,006—0,026 Mm. breiten Haaren, welche auf das mannigfachste gewunden und collabirt erscheinen und beträchtlich stark verdickte Membranen zeigen.

Guettard**) giebt für Vitis einfache conische Haare und einen secernirenden Filz an, Schrank***) bildet sie zuerst ab, doch unvollkommen, Eble†) ziemlich gut.

Alcaea rosea *L.*

Der Haarfilz, welcher die Stengel bedeckt, wird gebildet durch einzellige, spitz endende, stark verdickte unverzweigte Haare, welche gewöhnlich Zwillings- oder Drillingsgestalten vorstellen. Die Länge dieser Haare beträgt meist 0,76 Mm., ihre Breite an der Basis 0,0096—0,016 Mm. Sie collabiren und schlingen sich dann durch einander.

---

*) Mém. de l'acad. de Paris. 1756. p. 310.
**) Mém. de l'acad. de Paris. 1750. p. 203.
***) Nebengefässe. Tab. I, Fig. 8.
†) Die Lehre von den Haaren. Tab. II, Fig. 11.

Cnicus Benedictus *L.*

Der dichte Haarfilz an jungen Blättern besteht aus langen, vielzelligen Haaren, welche schwach verdickt sind und hie und da Chlorophyllkörner zeigen. Die Zellen sind kurz, selten über 0,03—0,15 Mm. lang, das Haar an der Basis 0,04—0,08 Mm. breit. Es sterben diese Haare von der Spitze an allmälig ab, schrumpfen oft zu einem Durchmesser von nur 0,005 Mm. zusammen und führen lediglich Luft. An älteren Blättern, wo die Haare weiter von einander abstehen, sind sie an ihrer Basis nicht selten bis 0,14 Mm. breit geworden. Die Blätter zeigen unter dem Haarfilze schöne und zahlreiche Spaltöffnungen.*)

Delphinium formosum *Fisch.*

(Fig. 102.)

Die gelben Stellen an der Oberseite der Blumenblätter sind bei einer grossen Anzahl von Delphinium-Arten hervorgebracht durch einzellige, chromgelb erscheinende, spitz endende Haare, welche mit einem gelösten gelben Farbstoffe erfüllt sind; ihre Membran ist farblos. Sie werden bei Delphinium formosum 1,14—1,4 Mm. lang, an der Basis bis 0,09 Mm. breit und sind dicht mit gewundenen Cuticularstreifchen bedeckt (Fig. 102). In der Jugend sind diese Haare gerade gestreckt, später collabiren sie vielfach und erscheinen dann gewunden und mannigfach gebuchtet. Sie sind beträchtlich verdickt und es erreicht der Durchmesser ihrer Zellhaut häufig 0,009 Mm. Auch die Papillen der Oberhaut des Blumenblattes sind an jenen Stellen, welche diese Haare bedecken, erfüllt mit gelöstem gelben Farbstoffe. Mit Kalilösung behandelt, werden die Haare goldgelb gefärbt. Sie gleichen den Schlundhaaren von Viola tricolor (Fig. 114), den Narbenhaaren von Linaria bipartita, den Blumenblatthaaren von Antirrhinum majus (Fig. 103), den Narbenhaaren von Pentstemon-Arten (Fig. 331) etc.

Am Rande der Blumenblätter werden die Haare farblos und schlanker; sie erreichen selten über 1,2 Mm. Länge und sind an der Basis bei 0,03 Mm. dick.

---

*) Bekanntlich sprach man sie verfilzten Organen ab.

Guettard*) kennt die gelben Haare in der Blüthe. Eble**) bildet die gewundenen Haare höchst unvollkommen ab und hält unbegreiflicherweise die oft spitzen Ausbuchtungen für Zähne (?) derselben.

Linaria bipartita *Willd.* var. splendens.

Im Schlunde der Oberlippe, die gelben Stellen bedeckend, finden sich einzellige, kolbenförmige Haare, erfüllt mit gelöstem gelben, selten violetten Farbstoffe und bedeckt mit äusserst regelmässig, spiralig angeordneten Cuticularknötchen. Im Alter fallen sie bandartig zusammen. Sie werden bis 0,4 Mm. lang, an der Basis bei 0,03 Mm. breit und finden sich bei allen von mir untersuchten Linaria-Arten mit geringen Unterschieden in Gestalt und Grösse vor.

Guettard***) hat sie zuerst gesehen und filets en larme batavique genannt.

Viola tricolor *L.* culta.

(Fig. 113 und 114)

Die Haare des Blüthenschlundes sind einzellig, oben kolbenförmig angeschwollen und dort bis 0,13 Mm. dick, während sie gegen die Basis zu sich auf einen Durchmesser von 0,03—0,05 Mm. verengen. Ihre Länge beträgt bis 2 Mm. und sie sind mit starken, spiralig angeordneten Cuticularknoten besetzt. Sie führen reichlich Protoplasma, welches von der wandständigen Kernzelle aus in schönen Strömen kreist (Fig. 113). Die Entwickelung dieser Haare ist der der kopfförmig angeschwollenen Schlundhaare von Antirrhinum majus (Fig. 317) gleich.

Tiefer gegen das Innere des Schlundes verlieren die Haare ihre tonnenförmige Gestalt und werden einfach kegelförmig (Fig. 114). An der Basis sind sie oft noch parallelwandig, weiter gegen die Spitze zu erscheinen sie aber in der mannigfachsten Weise eingeschnürt und gebuchtet — grösstentheils durch successives Absterben hervorgebrachte Veränderungen. Sie sind, wie die ganz analogen

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1756. p. 342.
**) Lehre von den Haaren. Taf. IV, Fig. 28.
***) Mém. de l'acad. de Paris. 1745. Taf. II, Fig. 6.

Haare von Delphinium formosum (Fig. 102), mit zahlreichen Cuticularstreifen besetzt, die aber gegen die Basis zu an Mächtigkeit abnehmen. In jugendlichem Zustande sind diese Haare ihrer ganzen Länge nach gerade gestreckt.

Humulus Lupulus *L.*

(Fig. 104 und Fig. 105.)

Die eigenthümlichen, schon von Guettard u. A. näher beschriebenen, wenn auch schlecht abgebildeten und aufgefassten Haare an den Blattrippen und Stengeln der Pflanze bestehen aus einer grossen, zweispitzigen, unten bulbusartig angeschwollenen Zelle, welche auf einem grossen Zellhügel der Oberhaut sitzt. Dieser Hügel wird bei alten Haaren bis 2 Mm. hoch, seine Substanz gehört dem Blattparenchyme an und die Oberhaut des Blattes oder Stengels umschliesst ihn bis zu seiner Spitze; die grosse zweispitzige Endzelle verdickt sich im Alter ganz ausserordentlich stark, besonders in der Region ihrer zwei Spitzen, wo auch die stärkste Verkieselung stattfindet. Der Zellhügel ist im jugendlichsten Zustande des Haares gar nicht vorhanden, später (Fig. 104) besteht er erst aus 1—2 Reihen kleiner, chlorophyllführender Zellen, welche das untere Ende der grossen, zweispitzigen Zelle umfassen. Diese führt zu jener Zeit sehr viel Protoplasma, wenige Amylumkörner und ist noch schwach verdickt (Fig. 104). Später (Fig. 105) ist ihr unteres Ende zu einem, von dem sich rasch weiter entwickelnden Zellhügel umschlossenen Bulbus geworden, das Protoplasma allmälig verschwunden, dafür aber die Verdickung der Zellhaut sehr vorgeschritten. Insbesondere werden später die Spitzen, wie bei den hackenartigen Haaren von Galium-Arten (Fig. 175), sehr stark verdickt, daher sich die von diesen Haarreihen bedeckten Stengel und Blätter mit grosser Zähigkeit an das Berührende anheften und dasselbe festhalten. Im erwachsenen Zustande wird der Inhalt der grossen Zelle von Kalilösung gelbgrün gefärbt. Nebst diesen Haaren ist die Pflanze von einer Menge Glandeln bedeckt.

Die erwähnten zweispitzigen, weberschiffartigen Haare kommen im Pflanzenreiche nur selten vor. Ich habe sie oder wenigstens ähnliche Formen indess doch an einer beträchtlichen Anzahl

von Gewächsen aufgefunden und zwar bei manchen Galega-, Acer-, Astragalus-, Verbena-, Apocynum-Arten etc.

Guettard*) und Schrank**) bilden sie ganz unbrauchbar ab und definiren sie als Warzen, mit einem darüber liegenden horizontalen schützenförmigen Körper; ersterer hat sie f. en navette, letzterer Schützenborsten genannt. Meyen***) giebt eine erträgliche Abbildung derselben, die Glandeln bemerkte er ebenfalls. Sie sind nach ihm bald kugelförmig, bald elliptisch, bald aus einer Zelle, bald aus mehreren gebildet, ungefärbt und ein Secret an ihnen nicht wahrzunehmen. Eble†) hat zuerst eine zwar kleine, aber den Habitus der Gebilde sehr treu wiedergebende Abbildung von ihnen gegeben.

Die gelben, an weiblichen Blüthen so häufig vorkommenden Organe sind den Haarschuppen verwandt, ich übergehe dieselben daher an diesem Orte.

Glechoma hederacea *L.*

(Fig. 106—Fig. 108.)

In der Rachenhöhle der Blumenblätter stehen eigenthümliche, plumpe, einzellige Haare (Fig. 106), welche im Innern reichlich Protoplasma, sonst meist farblosen, öfters violetten Zellsaft führen. Gewöhnlich sind sie einzellig, kommen indess auch 2- und mehrzellig vor, wo sie aber weit grössere Dimensionen annehmen. In ganz jugendlichem Zustande (Fig. 107) sind diese Haare ausserordentlich plasmareich, später werden sie dicht mit Cuticularknoten besetzt und erweitern sich nach oben in etwas. Ihre Länge beträgt 0,76—0,9 Mm., ihre Breite an der Basis bis 0,05 Mm.

An der Unterseite der Blumenblätter kommen diese Haare nicht vor, sondern sind ersetzt durch kurze, 0,13—0,16—0,26 Mm. lange und an ihrer Basis 0,026—0,032—0,051 Mm. breite, spitz endende Haare, welche mit ausserordentlich zahlreichen, grossen Cuticularknöpfchen besetzt sind (Fig. 108). Sie sind selten gerade,

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1745. Tab. II, Fig. 14.

**) Nebengefässe. Tab. I, Fig. 27.

***) Secretionsorgane. S. 38 und Taf. V, Fig. 22.

†) Die Lehre von den Haaren. Taf. IV, Fig. 27.

sondern meist mehr oder weniger säbelartig gekrümmt und aus 3—5 Zellelementen zusammengesetzt.

An der Insertionsstelle der gewöhnlichen Blätter finden sich ferner sehr lange, einfache, aus 30—40 Zellen bestehende, stark cuticularisirte, spitz endende Haare, die indess weder an Gestalt noch Inhalt etwas Bemerkenswerthes bieten.

Onobrychis procumbens *Stev.*

(Fig. 109.)

An den Stengeln stehen eigenthümliche, einzellige, spitz endende Haare, welche sehr stark verdickt und mit wenigen, aber starken Cuticularknoten bedeckt sind (Fig. 109). Sie werden bis 1,6 Mm. lang, und an der Basis 0,016—0,032 Mm. breit und ähneln den Haaren von Gnidia tomentosa (Fig. 179). Sie sind nur selten gerade gestreckt, sondern meist 1—2mal herabgebogen.

Guettard*) giebt für Onobrychis-Arten cylindrische Haare und innere Drüsen an.

Tweedia coerulea *G. Don.*

(Fig. 111 und Fig. 112.)

Die Haare der Pflanzen ähneln im Allgemeinen denen der Artemisia Absynthium (Fig. 41) und Tanacetum Meyerianum (Fig. 51). Sie bestehen aus einem verticalen Stiele, der durch zwei seitliche Ausbuchtungen sich sehr stark anschmiegen kann und eine einzelne, horizontal abstehende, oft gewundene Zelle trägt (Fig. 112). Dieselbe ist sehr stark verdickt und enthält eine dunkel gelbrothe Materie, welche in alten Haaren auch die Zellhaut gelb färbt. Der erwähnte Farbstoff wird durch Aether stark gebleicht, durch Ammoniak braunroth gefärbt, von Kalilösung aber kaum alterirt. Eisenchlorid lässt im Haare Spuren von Gerbstoff erkennen.

Neben diesen Haaren kommen noch einzellige, ausserordentlich stark verdickte, mit Porencanälen versehene, sehr spitz endende Haare an der Pflanze vor (Fig. 111).

Behandelt man die beschriebenen zweispitzigen Haare (Fig. 112) mit Jodlösung und wäscht dann sorgfältig aus, so erscheint der

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1748. p. 469.

Stiel goldgelb gefärbt, der Farbstoff der horizontalen Zelle stark gebleicht, hat eine mattgelbe, in's Röthliche spielende Färbung angenommen. Mit Schwefelsäure in Berührung gebracht, bleicht sich der Farbstoff unter starker Gasentwickelung immer mehr und mehr; fügt man jetzt Jodlösung dazu, so erscheint in den früher farblosen Stielzellen ein röthlicher Niederschlag.

Trifolium rubens *L.*

An den Kelchzipfeln der Einzelblüthen stehen einzellige, bis 1,9 Mm. und mehr lange, spitz auslaufende Haare, welche derart verdickt sind, dass ihrer ganzen Länge nach das Lumen nahezu verschwindet. Sie bleiben schmal und erreichen an ihrer Basis selten einen grösseren Durchmesser als 0,03 Mm. Sie ruhen auf einem mehr oder weniger grossen Zellhügel der Epidermis.

Guettard*) giebt für alle Trifolium-Arten, bis auf eine, gewöhnliche conische Haare an.

Fragaria Indica *Andr.*

An den Blattstielen robuste, einzellige, spitz endende Haare, die im Habitus denen von Trifolium-Arten sowie Tweedia (Fig. 111) sehr ähnlich sind. Sie werden von der Basis gegen die Spitze zu immer mehr verdickt, so zwar, dass in der Nähe der Spitze ihr Lumen geradezu verschwindet. Sie werden bis 2 Mm. lang und darüber, sind an ihrer Basis 0,02—0,04 Mm. dick und ihre Zellhaut erreicht bei einem Totaldurchmesser des Haares von 0,029 Mm. sehr häufig die Dicke von 0,013 Mm., so dass das Zelllumen dann nur noch 0,003 Mm. beträgt.

Tagetes patula *L.*

(Fig. 115—Fig. 117.)

Am Samen von Tagetes-Arten, insbesondere von Tagetes patula, sind eigenthümliche Zwillingshaare vorhanden. Es sind nämlich jederzeit zwei einzelne, einzellige Haare verbunden (Fig. 116 a. b.), so dass das ganze Gebilde nach oben zweispitzig wird. Die Haarzellen sind mässig verdickt und zeigen schöne spaltenför-

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1749. p. 346.

mige Poren. Sie erreichen eine Länge von etwa 0,2 Mm. und werden an ihrer Basis meist 0,022—0,024—0,027 Mm. breit. Die Art ihrer Einfügung in die Oberhaut zeigt die Fig. 115, wo mit a. und b. die correspondirenden Theile der Fig. 116 benannt sind.

In ganz jugendlichem Zustande, wenn die beiden haarbildenden Epidermiszellen eben als Papillen über die Oberhaut sich erheben (Fig. 117), sind die beiden Zellen bereits verwachsen. Sie führen viel Protoplasma und Gerbstoff und haben jede eine Kernzelle am Grunde. Ihr weiteres Wachsthum erfolgt überaus rasch, doch immer Schritt für Schritt mit einander.

Adonis vernalis *L.*

(Fig. 118.)

Die sonderbaren Haare an der Unterseite der Kelchblätter sind einzellig, bis 0,8 Mm. lang und 0,024—0,03 Mm. breit, cylindrisch, stumpf endend und nicht stark verdickt (Fig. 118), da der Durchmesser ihrer Zellhaut selten über 0,002 Mm. reicht. An ihrer Insertionsstelle in die Epidermis sind sie etwas eingeschnürt und ihrer ganzen Länge nach mit streifigen Cuticularspiralen bekleidet, welche indess merkwürdigerweise ihre Richtung häufig ändern, so dass das Haar wie gedreht erscheint (Fig. 118). Durch Behandlung mit Jodlösung treten diese Spiralen, während sich der Inhalt goldgelb färbt und körnig wird, besonders deutlich hervor. Die Oberhautzellen führen schöne blaue Kernzellen und einen gelösten violetten Farbstoff, der sich an der Luft bläut und körnig wird, durch Behandlung mit Kalilösung grün — blaugrün — gelbgrün färbt und körnt.

Nach Guettard*) haben Kelche und Blattrippen keulenförmige Haare, die man füglich zu den Köpfchenhaaren rechnen kann.

Asarum europaeum *L.*

(Fig. 119.)

An den Blättern sind vielzellige (10—15- und mehrzellige) Haare vorhanden, welche mit einer stumpfen Spitze enden (Fig. 119). Sie sind dicht mit Cuticularknoten besetzt, welche gegen die Basal-

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750 p. 357.

zelle zu immer schwächer werden und entwickeln sich und wachsen am Grunde weiter. Ihre Länge beträgt an jungen Blättern bis 0,2 Mm., die Breite an ihrer Basis 0,05 Mm., in der Mitte 0,03 Mm.; die Länge der einzelnen sie zusammensetzenden Zellen schwankt zwischen 0,03—0,05—0,08 Mm.; sie sind gegen die Basis zu am kürzesten. Die Basiszelle ist bulbusartig angeschwollen und in die Oberhaut eingesenkt. Trotz der starken Cuticularbekleidung ist die Plasmaströmung in den Zellen sehr lebhaft und man sieht in jeder Zelle deutlich ihren Cytoblasten. Kalilösung färbt den Inhalt sämmtlicher Haarzellen intensiv gelb.

Am Blattstiele werden die Haare enorm lang, und erreichen oft 4—5 Mm. Länge. Sie bestehen oft aus 50—60 und mehr einzelnen Zellen, deren Länge zwischen 0,030—0,054—0,14 Mm. beträgt. Das Haar ist fast seiner ganzen Länge nach gleich dick, an der Basis beträgt der Durchmesser meist 0,041 Mm., in der Mitte 0,032 Mm. Die Zellen wachsen demnach, wie überhaupt die meisten Haarzellen, mit Ausnahme der allerersten Entwikkelungsstufen, fast nur in die Länge. Ihre Kernzelle ist beinahe immer central.

Guettard*) hat die langen cylindrischen Haare bereits beobachtet.

Onopordon Acanthium *L.*

(Fig. 120—Fig. 125.)

Stengel und Blätter der Pflanze sind im jungen Zustande mit einem dichten Haarfilze umkleidet, derselbe lässt sich von ihnen leicht abheben und es kommen dann die weit vorstehenden leistenförmigen Blattrippen — wie bei einer Victoria en miniature — zum Vorscheine (Fig. 125). Dieser Haarfilz besteht aus äusserst langen, vielzelligen Haaren, deren Basalzelle, bulbusartig angeschwollen, in die Oberhaut eingesenkt ist (Fig. 124).

Im jugendlichen Zustande führen sämmtliche Haarzellen reichlich Protoplasma, welches lebhaft in ihnen strömt, und Chlorophyllkörner und Kernzellen fehlen ihnen in dieser Periode nie. Später fangen sie an, von oben aus abzusterben (Fig. 121). Bei jungen

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1747. p. 521.

Blättchen sieht man den Filz aus Fäden von allen Dimensionen bestehen, weil eben ein Theil der Haarzellen noch völlig frisch ist, ein anderer sich bereits in allen Stadien des Absterbens befindet (Fig. 120). An alten Blättern sind sämmtliche Zellen bereits verschrumpft. Kalilösung färbt den Inhalt der stets nur schwach verdickten Haarzellen sogleich gelb.

Nebst diesen, den Haarfilz bildenden Haaren kommen noch zahlreiche vielköpfige Glandeln auf der Epidermis vor. Sie sind meist eiförmig und durch eine Mittellinie in zwei Zellzonen getheilt (Fig. 122), wohl auch durch eine einzige halbkugelförmige Zelle geschlossen (Fig. 123). Die Kernzellen ihrer Zellen sind gewöhnlich so zart, dass sie sogleich im Wasser des Objectträgers bersten und daher schwer sichtbar werden.

Ich erwähne nur, dass auch diese Pflanze, trotz ihres so ausserordentlich entwickelten Filzes, an der Oberhaut ihrer Blätter und Stengel Spaltöffnungen zeigt.

Verbascum Thapsus *L.*

(Fig. 126—Fig. 137.)

Die den Haarfilz an Blättern und Stengeln etc. bildenden Haare gehören zu den sonderbarsten im Gewächsreiche. Sie bestehen aus einem aufrechten, auch wohl verschiedentlich gebogenen, mehrzelligen Hauptstamme, an welchem sich stellenweise wirtelförmig 2—8 mässig verdickte Haarzellen (Fig. 137 a—d.) ansetzen, die eine Länge von 0,06—0,38 Mm. erreichen. Solcher Quirle kann man drei bis sechs an einem Haare zählen; je mehr ihrer vorkommen, desto länger wird im Allgemeinen das Haar und die Seitenäste tragen wesentlich zur so dichten Verfilzung bei, indem sie sich mit den Aesten danebenstehender Haare auf das Engste verschlingen. Der Spitzenwirtel (Fig. 137 d.) ist fast ausnahmslos der grösste und aus den zahlreichsten Elementen bestehende. In allen Zellen finden sich zerstreut zahlreiche Chlorophyllkörner vor (Fig. 136. 137).

Es gelang mir nicht ohne Mühe, die Entwickelung dieser sonderbaren Haarform vollständig zu eruiren. Anfangs bemerkt man eine einzige sich erhebende Epidermiszelle (Fig. 126), deren Protoplasma nach ihrer oberen Seite gedrängt ist und etwas später (Fig. 127) bereits die ersten Spuren beginnender Plasmaströme

zeigt. Durch Theilung, in der Art, wie ich sie bereits öfter (Tradescantia, Cucurbita etc.) beschrieben habe, zerfällt sie bald darauf in zwei Zellen (Fig. 128). Die oberste dieser Zellen wächst weiter (Fig. 129) und beginnt bald an verschiedenen Stellen sich auszustülpen (Fig. 130 a., Fig. 131); die Zahl der Ausstülpungen ist da immer so gross, wie die Anzahl der den betreffenden Endwirtel später bildenden Einzelzellen, und es wachsen diese Fortsätze bis zu einer gewissen Grösse heran, worauf sie sich erst durch Membranbildung um Primordialzellen genau ebenso durch eine Zellhaut vom Hauptstamme als abgesonderte Zellen abgrenzen, wie es bei den Haaren von Nicandra physaloides der Fall ist (Fig. 140. 141). Die Quirle der Haare sind demnach anfangs keineswegs selbstständige Zellen, sondern einfache Ausstülpungen, die sich erst später individualisiren. Dass dies aber wirklich der Fall sei und die Haare von Verbascum Thapsus nicht, wie bisher sämmtliche Anatomen annahmen, eben nur einzellige seien, wird ein Blick auf Fig. 136 und Fig. 137 erweisen. Während sich also, wie erwähnt, die oberste Zelle ausstülpt (Fig. 130 a.), fährt ihre Spitze fort zu wachsen (Fig. 132) und die seitlichen Ausstülpungen nehmen allmälig an Grösse zu (Fig. 133—Fig. 136). Mittlerweile hat sich die unterste Zelle (Fig. 129) ebenfalls durch Theilung vermehrt (Fig. 134. 135), ihre Zellen wachsen weiter und es bildet sich nach und nach Chlorophyll in denselben aus (Fig. 136). Die Ausstülpungen der oberen Zelle (Fig. 130 a.) sind inzwischen durch Membranbildung an ihrer Basis individualisirt und haben sich beträchtlich verdickt, sie sind die obersten und ältesten des ganzen Haares (Fig. 136 a.). Während dieser Endquirl bereits ausgebildet ist, beginnt weiter gegen die Basis des ganzen Haares zu der zweite Quirl eben erst zu erscheinen (Fig. 136), entwickelt sich übrigens genau wie der oberste, nach ihm der dritte u. s. w., bis das ganze Haar vollendet ist. Es entwickelt sich und wächst dasselbe demnach nicht an seiner Spitze, sondern von seiner Basis aus. Die Länge der Haare beträgt 1,0—1,3 Mm. und mehr, des Hauptstieles 0,28—0,38—0,5 Mm. etc. Diese Haarform gehört zu den seltensten im Gewächsreiche und war nur für Verbascum bekannt; ich habe sie und ähnliche Formen noch bei Viburnum-, Phlomis-, Melastoma-, Centaurea- und Polytrichum-Arten beobachtet.

Schon Guettard*) hat diese Haare als faden- oder kegelförmige Haare mit kugelförmigen Knoten, worauf wegstehende Haare gepflanzt sind, beschrieben und fil. à goupillons genannt. Schrank**) hat eben nur Guettard's ganz unbrauchbare Abbildung und Beschreibung wieder reproducirt. Eble***) hat die Stengelhaare schlecht abgebildet, die anderen wenigstens im Habitus halbwegs getreu wiedergegeben, obwohl er sie völlig unrichtig auffasste. Auch Unger's†) Abbildung dieser Haare, welche er gleichfalls als „einfache, verzweigte" bezeichnet, ist der Natur nicht entsprechend.

Verbascum nigrum *L.*

(Fig. 184.)

Am Kelche sitzen Haare, welche denen des Haarfilzes von Marrubium hispanicum (Fig. 144) ähnlich sind, nur dass sie bei Verbascum nigrum lediglich farblosen Zellsaft und keine Chlorophyllkörner führen. Es sind zusammengesetzte Haare. Auf einem 0,06—0,08 Mm. langen und an der Basis 0,03—0,05 Mm. breiten Stiele sitzen 2, 3 und mehr spitz endende Haarzellen (Fig. 184), welche stärker verdickt sind und eine Länge von 0,16—0,3 Mm. erreichen, so dass das ganze Haar 0,32—0,4 Mm. lang wird.

Die dem freien Auge violettblauen Haare der Filamente sind einzellig, oben keulenförmig angeschwollen und überall dicht mit Cuticularknoten besetzt. Der Inhalt derselben ist ein mehr oder weniger intensiver, gelöster, violetter Farbstoff, der sich durch Kalilösung grün färbt. Die Länge dieser Haare ist 0,3—0,6—0,8 Mm., ihre Breite an der Basis 0,0096—0,0128 Mm., dort wo sie am breitesten sind (gegen das Ende zu) 0,03—0,064 Mm. Das Epidermoidalgewebe des Filamentes hat gelösten gelben Zellsaft und in jeder Zelle einen grossen, rundlichen, rothen Klumpen, der sich bei der Behandlung mit Kalilösung ausdehnt, später bei längerer Einwirkung nur eine Hülle (?) zurücklässt, die schliesslich ebenfalls verschwindet.

---

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1745. Tab. II. Fig. 20.

**) Nebengefässe. 1794. Tab. II. Fig. 26. — Auch in Anbetracht der damals schlechten Hülfsmittel ist die Abbildung unverantwortlich schlecht zu nennen.

***) Die Lehre von den Haaren. 1831. Taf. III. Fig. 25. Taf. IV. Fig. 26.

†) Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1866. Fig. 69.

Guettard*) giebt an den Staubfäden von Verbascum-Arten keulenförmige Haare an; an Blättern etc. büschelförmige, die aus 6—7—8 Einzelhaaren zusammengesetzt sind.

Phlomis fruticosa *L.*

Den Haaren der Verbascum-Arten analog sind die vieler Phlomis-Arten, nur zusammengesetzter im Baue. Bei Phlomis fruticosa wo sie in zahlloser Menge Blattstiele, Blattoberseite etc. bedecken, bestehen sie aus einem 0,7—1,3 Mm. langen und an seiner Basis 0,03—0,06 Mm. breiten Stiele, der gewöhnlich aus 2 neben einander liegenden Zellreihen besteht und an seiner Spitze ein Köpfchen von nach allen Richtungen gehenden Haarzellen trägt. Im Verlaufe des Stieles entspringen noch hie und da längere oder kürzere Seitenäste. Diese sind, sowie jene an der Spitze des Stiels wieder gebildet aus 2—3—4—5 Zellen, werden 0,3—1,1 Mm. lang und 0,02—0,04 Mm. breit. In jugendlichem Zustande sind in den Haarzellen zahlreiche Amylumkörner vorhanden, welche später verschwinden. Die Entwickelung dieser Haare, welche an der Blattoberseite nur durch kürzere Stiele sich auszeichnen, erfolgt genau wie die der Haare von Verbascum-Arten.

Hibiscus phoeniceus *L.*

Fast alle Hibiscus-Arten haben Büschelhaare und unterscheiden sich nur durch die Zahl der diese Büschel zusammensetzenden Einzelhaare. Bei Hibiscus phoeniceus sind sie insbesondere an den Blattrippen und Blatträndern stark entwickelt. Die Einzelhaare sind einzellig, 0,7—0,8 Mm. lang und an ihrer Basis 0,03—0,045 Mm. breit, dabei so stark verdickt, dass der Durchmesser der Zellhaut nicht selten über 0,02 Mm. steigt. Ihr Inhalt ist farblos.

Hibiscus mutabilis *L.*

An der Blattunterseite der Pflanzen bestehen die Büschelhaare aus 6—7 einzelnen, stark verdickten 0,3—0,4 Mm. langen und an ihrer Basis 0,02—0,035 Mm. breiten, einzelligen, farblosen, Haaren, zwischen denen kegelförmige, mit einer gelben bis gelb-

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1747. p. 522.

braunen Substanz erfüllte, mehrzellige, lange Haare stehen. Ihre Entwickelung erfolgt analog der bei Marrubium-Arten etc.

Lavatera olbia *L.*

Der Filz an den Blattstiëlen wird gebildet durch zahlreiche robuste Büschelhaare. Sie bestehen aus 5—11 einzelligen, oft etwas gelblich gefärbten, 0,3—1,15—1,2 Mm. langen, kegelförmigen, an ihrer Basis 0,03—0,045 Mm. breiten, stark verdickten Einzelhaaren. An der Blattunterseite werden sie nur 0,3—0,7 Mm. lang und 0,02—0,03 Mm. breit und stehen da auf längeren Stielen von chlorophyllhaltigen Zellen, wie etwa bei Marrubium hispanicum (Fig. 144). Die Einzelhaare sind nur mässig verdickt und selten mehr als 5—7 vorhanden.

Trotz des dichten Haarfilzes zeigt die Pflanzen zahlreiche Spaltöffnungen.

Habrotamnus speciosus *Hort.*

Die Haare am Stengel erinnern durch ihre häufige Verästelung an die von Nicandra physaloides (Fig. 143). Sie sind sehr lang, vielzellig, an ihrer Basis 0,02—0,04—0,05 Mm. breit, führen Chlorophyllkörner in farblosem oder rosa Zellsafte. Durch ihre ausserordentlich dicht stehenden Cuticularstreifen erscheinen die Haarzellen wie gerieft. Ihre Entwickelung geschieht in derselben Weise wie die der Haare von Nicandra physaloides (Seite 540 ff.).

Marrubium hispanicum *L.*

(Fig. 144 und Fig. 145.)

Fast alle Theile der Pflanze sind mit einem dichten Filze bekleidet; an Blättern und Stengeln besteht er aus sehr langen, mehrzelligen, von oben herab bald absterbenden Haaren. An den Kelchblättern nehmen indess die Haarbildungen einen ganz besonderen Charakter an. Es stehen da auf einem etwas erhobenen Zellhügel zunächst in der Mitte desselben ein längeres, stark verdicktes, mehrzelliges Haar, welches ringsum wie mit einem Kranze von kurzen, einzelligen, mässig verdickten Haarzellen umgeben ist (Fig. 145). Die Zellen des Hügels führen Chlorophyllkörner, die der erwachsenen Haare nicht. In jugendlichem Zustande (Fig. 144)

tritt es jedoch auch in den Haarzellen auf und an den Afterblättern erreicht das mittlere Haar nicht selten eine Länge von mehr als 0,6—0,8 Mm. Es ist selten gerade gestreckt, sondern gewöhnlich oben mehr oder weniger herabgebogen (Fig. 144). Zur Verfilzung tragen hauptsächlich die kürzeren, seitlich nach allen Richtungen stehenden Haare bei. Guettard*) kennt diese Haare sehr wohl, Eble**) bildet dieselben vom Stengel von Marrubium album ab, die Köpfchenhaare indess nur äusserst mittelmässig. Nebenbei bemerkt gehört seine schlechte Abbildung (Taf. III Fig. 21 b.) der Haare von Onosma stellatum der Kategorie meiner Fig. 145 an. Meyen***) hat in höchst oberflächlicher Weise die ähnlichen Haare von Marrubium creticum abgebildet. Von diesen Büschelhaaren glaubt Meyen, dass sie ebenfalls durch Auswachsen von Aesten aus einer kleinen Zelle der Epidermis entständen; vielleicht seien es auch zwei Zellen, welche die Basis dieser Masse bilden. Das Hervorwachsen eines langen, mehrzelligen Haares aus der Mitte des Bündels ist ihm räthselhaft. Es besteht nach Meyen demnach der ganze Kranz seitlicher Haare aus zweien, meist nur aus Einer Zelle, die eben so viele Auswüchse hat als Haare da sind — eine ganz unstatthafte Annahme.

Helianthemum pilosum *Pers.*

(Fig. 199 g.)

Alle von mir untersuchten Helianthemum-Arten besitzen Büschelhaare. An den Blättern von Helianthemum pilosum sind diese Büschel meist von 8 einzelnen Haaren gebildet, welche starke Verdickung ihrer Membranen zeigen, im Uebrigen aber sehr dünn bleiben. Ihre Länge beträgt 0,09—0,16—0,19 Mm., ihre Breite an der Basis 0,006—0,012 Mm. (Fig. 199 g.); von oben gesehen erscheinen sie nahezu sternförmig, da die Haare oft horizontal abstehen. An den Kelchblättern sind ihrer nur 3—4 vereint, doch ganz ausserordentlich stark verdickt und von bedeutenden Dimensionen. Sie sind von der Spitze herab mit einer Füllmasse erfüllt, die nur den unteren, mit einer krümlichen, gelben Materie erfüllten Theil

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750. p. 359.

**) Die Lehre von den Haaren. Taf. II. Fig. 13.

***) Secretionsorgane. Taf. II. Fig. 7—12.

des Haares frei lässt und von Kalilösung unverändert gelassen wird. Die Haare werden 0,3—0,7—0,8 Mm. lang und an der Basis 0,014—0,016—0,017 Mm. breit. Am Rande der Kelchblätter stehen einzellige, spitz endende, ausserordentlich stark verdickte Haare, welche den die Büschel zusammensetzenden völlig gleichen. Sie werden 0,7—1,0 Mm. lang und an ihrer Basis 0,03—0,05 Mm. breit. Ihre Entwickelung ist wie bei Cistus-Arten.

Ich erwähne auch hier, dass trotz des dichten Filzes bei der Pflanze, wie bei allen von mir untersuchten Helianthemum-Arten, an der Blattunterseite sehr schöne und grosse Spaltöffnungen vorkommen.

Helianthemum vulgare *Gaertn.*

Die Haarbüschel sind hier noch zarter als bei H. pilosum und bestehen aus 10—16 Haaren. Ihre Länge variirt zwischen 0,064—0,16 Mm. etc., ihre Breite an der Basis 0,006—0,009—0,01 Mm.

Guettard*) erwähnt der Büschelhaare der Helianthemum-Arten bereits in seiner ersten Arbeit über Haare; später**) erwähnt er, dass diese Büschel aus 3—5—10—12 Haaren gebildet werden, die häufig zu Schuppen verwachsen sind. Schrank***) hat nur Guettard's Abbildung copirt, Eble†) ähnliche Haare von Viburnum Lantana ziemlich gut abgebildet.

Cistus salvifolius *L.*

Auch für die Cistus-Arten sind Büschelhaare charakteristisch und variiren wie bei Helianthemum-Arten bei den einzelnen Species lediglich in der Anzahl der sie bildenden Einzelhaare. An den Blattrippen von Cistus salvifolius bestehen sie aus 6—7—8 kurzen, ausserordentlich stark verdickten und verkieselten, einzelligen Haaren, die im Mittel 0,13 Mm. lang und an ihrer Basis 0,04 Mm. breit werden, dabei an derselben eine Membrandicke von häufig 0,019 Mm. besitzen, so dass das Lumen oft nur 0,001 Mm. beträgt. An den Blättern sind die Einzelhaare schlanker, aber weitaus länger; sie

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1745. Taf. II. Fig. 22.
**) Mémoires de l'acad. de Paris. 1749. p. 418.
***) Nebengefässe. Tab. II. Fig. 17.
†) Lehre von den Haaren. Taf. III. Fig. 20.

erreichen 0,3—0,7—0,8 Mm. und werden an der Basis selten über 0,02—0,03 Mm. dick. Sie sind ebenfalls mit einer eigenthümlichen Füllmasse erfüllt, werden im unteren Theile von Kalilösung grüngelb gefärbt, während das Reagens den oberen (mit Füllmasse erfüllten) Theil ungeändert lässt, desgleichen Jodlösung und Schwefelsäure, welche den Basaltheil goldgelb — rostgelb färben. Von Jodlösung allein wird das ganze Haar gelb gefärbt.

Verfolgt man die Entwickelung dieser Haare, so findet man sie anfangs dünnwandig und protoplasmareich, später schreitet die Verdickung von oben herab rasch weiter, bis im oberen Theile mit dem Auftreten der genannten Füllmasse das Lumen verschwindet.

Guettard*) und Schrank**) haben diese Haare gekannt; nach ersterem bestehen die Büschel bei Cistus-Arten aus 10—12 Einzelhaaren.

Erwähnung verdient, dass ich bei Cistus salvifolius die später (Seite 562) zu erwähnenden, stark secernirenden Haare anderer Cistus-Arten an Blättern und Stengeln nicht auffinden konnte.

Cistus albidus *L.*

An den Stengeln sind die Büschel aus 4—6 einzelnen Haaren zusammengesetzt, welche stark verdickt sind und sich mit einer Füllmasse füllen; ihr Inhalt wird im Alter braun. Sie erreichen eine Länge von 0,38 Mm. und mehr, und werden an ihrer Basis 0,02—0,03 Mm. dick.***)

Die secernirenden Haare, denen bei Cistus garganicus (Fig. 199) völlig gleich, werden bis 0,38 Mm. lang und unten 0,04—0,06 Mm. breit.

Nicandra physaloides *Gaertn.*

(Fig. 138—Fig. 143.)

Am Grunde der Filamente finden sich grosse, auf das Mannigfachste verästelte Haare (Fig. 143). Sie werden bis 2 Mm. lang.

---

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1745. Taf. II. Fig. 22. — 1749. p. 418.

**) Nebengefässe. Fig. 17.

***) Büschelförmige Haare finden sich noch bei Amarantus-, Solanum-, Betonica-, Brassica-, Quercus-, Hedera-, Spiraea-, Hibiscus-, Lavatera-, Myosotis und Platanus-Arten etc.

an der Basis 0,1—0,2 Mm. breit, sind nur sehr schwach verdickt und führen neben Protoplasma, welches in zierlichen Strömen in den Zellen kreist, zahlreiche Amylumkörner, die gewöhnlich kranzförmig um die meist centralen Kernzellen sich angelagert haben. Geringe Mengen von eisenbläuendem und grössere Mengen von eisengrünendem Gerbstoff sind schon sehr frühe in allen Zellen vorhanden.

Das Haar erscheint zuerst als einfache Papille (Fig. 138), welche durch Theilung (Membranbildung um Primordialzellen, Fig. 138 a.) in zwei Zellen zerfällt. Während die obere Zelle fortwächst, sammelt sich in ihr das Protoplasma in einer Lamelle, in welcher kurz darauf (Fig. 139 a'.) eine Scheidewand sichtbar wird. Das junge Haar ist demnach bereits dreizellig geworden. Die Theilung in der Spitzenzelle geht in derselben Weise fort, bis das Haar 4—5—6—7zellig geworden ist, und zwar bemerkt man nicht selten, dass in der erwähnten Endzelle an 2—3 Stellen der Process der Zelltheilung gleichzeitig vor sich geht (Fig. 142 a. a'., Fig. 140 a.). Haben sich auf diese Weise eine Anzahl von Zellen zu einem einfachen, unverzweigten Haare ausgebildet, so fängt die eine oder andere Zelle (Fig. 140 b.) an eine Ausbuchtung oder vielmehr einen Fortsatz zu treiben, während in der Endzelle der Theilungsprocess immer weiter geführt wird (Fig. 140 a.). Der erwähnte Fortsatz verlängert sich immer mehr, und wenn er eine bestimmte Grösse erreicht hat, sammelt sich auch in ihm das Plasma zu Primordialzellen (Fig. 141 a.), um welche Membranbildung vor sich geht und zwar steht die fertige Membran fast ausnahmslos senkrecht auf der unteren Querwand der nächst oberen Gliedzelle, wo der Fortsatz zu treiben begann (Fig. 141). Die beschriebenen beiden Processe, nämlich Zelltheilung und Fortsatzbildung, werden nun in den verschiedenen Zellen öfters wiederholt, bis das ganze Haar ausgebildet ist. Die Basalzelle desselben ist demnach auch seine älteste, das Haar wächst nur an seiner Spitze weiter.

Die Amylumbildung erfolgt in den Zellen erst ziemlich spät. Man sieht da zwischen den feinen Körnchen des Plasmas etwas grössere erscheinen, die rasch wachsen und sich bald durch ihre Blaufärbung mit Jodlösung als Stärke verrathen. Anfangs lagern sie zerstreut in den Zellen, später werden sie von den Plasmaströmchen successive in grösserer Zahl zu dem Cytoblasten geführt, den

sie dann entweder ganz einhüllen oder kranzförmig umschliessen (Fig. 143); einzelne liegen aber immer im Zellsafte zerstreut.

Schrank*) nennt diese Haare Hackenasthaare und bildet sie völlig unbrauchbar ab, auch Meyen**) hat sie vom Kelche von Nicandra physaloides nicht besonders gut abgebildet, doch bemerkte er, dass sie sich nicht blos immer an der Stelle der Gliederung verästeln.

Auch diese Haarform kommt verhältnissmässig selten vor, ähnliche Formen wie bei Nicandra-Arten finden sich noch bei manchen Mentha-, Rosmarinus-, Lavandula-, Medicago-, Papaver-Arten etc.

Mentha rotundifolia *L.*

(Fig. 146.)

Der Haarfilz der Pflanze besteht aus sehr langen, an der Basis 0,03—0,06—0,08 Mm. breiten Haaren. Sie sind vielzellig, nicht selten verzweigt und sterben bald stellenweise ab, wobei sie collabiren und sich auf das Dichteste verflechten. Sie sind schwach verdickt, aber mit starken Cuticularstreifen überzogen (Fig. 146).

Guettard***) giebt anfangs für die Gattung Mentha nur einfache, mehrzellige Haare und kugelförmige Köpfchenhaare an; später†) beschreibt er die letzteren als schwefelgelb, manchmal grüngelb oder schwärzlich.

Spiraea filipendula *L.*

(Fig. 147.)

An den Stengeln stehen einzellige, kurze, wurmförmig gebogene und sehr dünne Haare (Fig. 147), erfüllt mit farblosem Zellsafte und nur schwach verdickt. Ihre Länge beträgt selten über 0,13—0,16 Mm., ihre Breite 0,006—0,01 Mm. An der Unterseite der Blätter sind Haare derselben Art und Grösse zu einem mehr oder weniger dichten Filze verwoben.

Guettard††) giebt für alle Spiräen kurze, conische Haare an.

---

*) Nebengefässe. Taf. II. Fig. 25.

**) Secretionsorgane. Taf. IV. Fig. 16.

***) Mémoires de l'acad. de Paris. 1747. p. 585.

†) Mémoires de l'acad. de Paris. 1755. p. 381.

††) Mémoires de l'acad. de Paris. 1747. p. 547.

Mimosa prostrata *Lam.*

(Fig. 148 — Fig. 153.)

Die Haare an den Stengeln der Pflanze sind im Baue denen von Hieracium-Arten (Fig. 156—160), Papaver-Arten etc. analog, nur ist ihre Endzelle weitaus länger entwickelt. Im erwachsenen Zustande (Fig. 152) sind die einzelnen Zellen ausserordentlich verdickt, ihre Spitzen stark zurückgebogen, die Basalzellen des Haares entweder mit einem gelbbraunen oder gelöstem rosa Farbstoffe erfüllt. Die Endzelle, häufig säbelartig gebogen (Fig. 150), ist ausserordentlich lang, nicht selten für sich bis 0,7 Mm., wie alle anderen sehr stark verdickt und bei alten Haaren mit gelöstem gelbbraunen Farbstoffe erfüllt. Zahlreiche Pilzfäden bedecken und durchziehen diese Haare etwa so wie bei Verbesina gigantea (Fig. 76). Die Länge der Haare beträgt 3,04—4 Mm. und mehr, ihre Breite an der Basis bis 0,1 Mm.

Die Entwickelung dieser Haare ist nur schwer in den ersten Stadien zu verfolgen. Anfangs erhebt sich eine einzelne Zelle — die spätere Endzelle — über die Oberhaut (Fig. 148); etwas später (Fig. 153) ist sie bereits gewachsen und hat an der Basis eine Anzahl kleiner chlorophyllführender Zellen,. die man indess wohl kaum als Theilungsproducte der erwähnten Endzelle auffassen kann, sondern vielmehr als nachrückende Parenchymzellen bezeichnen muss. Es unterliegt, wie ich glaube, keinem Zweifel, dass bei den höchstorganisirten Pflanzenhaaren, wie wir sie bei Drosera-Arten, bei Ribes grossularia und in geringerem Grade bei Papaver-, Hieracium-, Mimosa-Arten u. dergl. vorfinden, das Parenchym des Organes, auf welchem sie stehen (Blatt, Stengel etc.), mit in die Bildung des Haares eintritt, oder wenigstens bei dem Bildungsprocesse des Haares in irgend einer Weise in Mitleidenschaft gezogen wird. Sind doch die Zellhügel, auf denen so viele ein- und mehrzellige Haare stehen (Urtica-Arten, Borragineenhaare etc.), auch reine Producte des Stengel- oder Blattparenchyms und nichtsdestoweniger integrirende Haartheile! Es wird demnach nicht unbegreiflich erscheinen, wenn wir, um zu unserem speciellen Fall zurückzukehren, die Basistheile der erwähnten Mimosenhaare als vom Stengelparenchym gebildet bezeichnen. Der ganze Habitus dieser

Zellen (Fig. 149 a., 150 a., 151 a.) spricht auf den ersten Blick für diese Annahme, allein nichts desto weniger sind sie ein integrirender Bestandtheil dieser Haare und es wäre sehr irrig, wollte man am Ende nur die letzte, spitze Zelle (die lange Endzelle) als Haargebilde in Anspruch nehmen.

Nach dieser kleinen Abschweifung zum eigentlichen Gegenstande zurückkehrend, erwähne ich, dass bereits in dem oben beschriebenen Stadium im Inhalte der grösseren Endzelle zwischen den feinen Plasmakörnern ganz kleine Amylumkörner auftreten (Fig. 153). Die Endzelle wächst rasch weiter (Fig. 149), ihre Wandung erscheint jetzt mit doppelter Contour und die Amylumkörner im Inhalte werden grösser und zahlreicher. Auch die unteren, parenchymatösen Basalzellen (Fig. 149 a.) haben sich durch Theilung vermehrt; die oberen derselben sind beträchtlich gewachsen und haben sich bereits inniger an die Endzelle angelegt, als es im früheren Stadium, wo sie noch alle rundlich waren (Fig. 153), der Fall sein konnte. Die Kernzelle der Endzelle, früher an der Basis derselben gelegen, ist nun mehr gegen die Mitte derselben gerückt und deutlich sichtbar geworden (Fig. 149). Ich kann hier nicht unerwähnt lassen, dass ich dieses Wandern der Kernzelle bei allen Haarentwickelungen wahrnahm und dass es mir eine tiefere Bedeutung zu haben scheint. Zunächst ist es wohl am wahrscheinlichsten anzunehmen, diese Veränderungen in der Lage der Kernzelle würden durch eine Plasmabewegung hervorgebracht. Da nun die Kernzelle in fast allen Fällen den Mittelpunkt dieser Strömungen abgiebt und da, wie ich früher (S. 516 ff.) nachzuweisen suchte, die Richtung derselben maassgebend für die Wachsthumsrichtungen der Zelle zu sein scheint, dürfte die beobachtete Veränderung in der Lage des Strömungscentrums (der Kernzelle) ihre Erklärung wohl am natürlichsten darin haben, dass im Verlaufe des Zellwachsthums die eingreifende Thätigkeit der Plasmaströme an successive verschiedenen Stellen nöthig wird und dass daher das Centrum dieser Strömungen auch successive eine andere Lage in der wachsenden Zelle annehmen müsse, daher denn auch anfangs, wo die Haarzelle fast nur der Länge nach wächst, wo daher die Strombewegung des Protoplasmas fast lediglich nach der Spitze der wachsenden

Zelle gerichtet ist, die Kernzelle, als das Centrum, von welchem aus diese Ströme vorzüglich kreisen, an der Basis derselben ihren Sitz haben muss, wie es denn auch thatsächlich der Fall ist (Fig. 14, 91—93, 117, 163—164, 170 etc.). Später, wo das Längswachsthum fast immer gleichen Schritt mit einer allseitigen Grössenzunahme hält, muss das Centrum der Stromrichtung, die nunmehr nach möglichst vielen Punkten zugleich wirksam sein soll, seinen Ort verändern, und da bietet die Mittelregion der Zellen den besten überhaupt denkbaren Ort dazu, deshalb rückt auch die Kernzelle später so zu sagen immer in diese Stelle ein (Fig. 12—13, 21—25, 37, 51, 73, 107 etc.).

Im späteren Verlaufe der Entwickelung unserer Haare (Fig. 150) hat die Verdickung der Endzelle weiter zugenommen, es haben sich Chlorophyllkörner in ihr gebildet*) und die oberen, chlorophyllführenden Basiszellen (Fig. 150 b.) fangen bereits an, ihre Enden nach auswärts zu krümmen, während sich die unteren (Fig. 150 a.) weiter vermehren. Die Verdickung der Endzelle und das Fortwachsen derselben geht nun weiter (Fig. 151) und das fortwährend an seinem Grunde (Fig. 151 a.) neue Zellen entwickelnde Haar nimmt bereits durch das Zurückkrümmen der Enden der Basalzellen allmälig seine zukünftige Gestalt an. Nun verdicken sich sämmtliche Zellen immer mehr, ihr Protoplasma und die Chlorophyllkörner verschwinden nach und nach und machen einem gelbbraunen Farbstoffe Platz, der die kleinen Lumina der Zellen erfüllt (Fig. 152). Die Basis des Haares enthält aber noch sehr spät einige Reihen dünnwandiger, chlorophyllführender Zellen.

Guettard**) sind diese eigenthümlichen Haare der Mimosen entgangen, er erwähnt bei ihnen nur der Köpfchenhaare. Auch die späteren Beobachter sahen sie nicht, oder erkannten nicht ihren Bau (Schacht).

Hieracium Pilosella *L.*

(Fig. 156—Fig 162.)

Die ganze Familie der Hieracien ist durch die eigenthümlichen

*) Für die Bildung der Chlorophyllkörner, des Amylums und der Farbstoffe in Haarzellen verweise ich auf: Weiss, A., Untersuchungen über die Entwickelung des Farbstoffes in Pflanzenzellen. II. Abth. Sitzungsber. der kais. Academie der Wiss. in Wien. 1866. Bd. 54. Taf. I—IV. und I. Abth. 1864. Bd. 49. Taf. I—III.

**) Mémoires de l'acad. de Paris. 1749. p. 327.

zusammengesetzten Haare charakterisirt, welche an Blättern und Stengeln vorkommen und den oben besprochenen Haaren der Mimosa prostrata (Fig. 152) ganz ähnlich sind. Bei Hieracium Pilosella sind sie sporadisch auf der Blattoberseite zerstreut, besonders gegen die Blattränder zu.

Die genannten Haare sind äusserst robust, bis 7 Mm. und darüber lang, an ihrer Basis nicht selten über 0,2 Mm. breit und stehen auf einem Zellhügel, welcher viele mit rothem Farbstoffe erfüllte Zellen unter den chlorophyllhaltigen hat. Sie sind sehr zusammengesetzt und bestehen im entwickelten Zustande aus zahlreichen, eng verbundenen, schmalen, sehr langgestreckten, dickwandigen Zellen, deren oberes Ende hackenförmig nach auswärts gebogen ist (Fig. 160). Die Zahl der Zellen nimmt gegen die Spitze zu rasch ab (Fig. 159) und das Haar endet gewöhnlich zweispitzig, doch sind die oberen Zellen in der Regel grösser als die zahlreichen unteren. Häufig sind die Haare einfacher, bestehen an ihrer Basis aus wenigen, zum Theil mit formlosem Chlorophyll erfüllten, kurzen Zellen (Fig. 157 a.), deren obere ihre Spitzen nach auswärts krümmen und welche fast immer ihre centralen Cytoblasten erkennen lassen. An diese, wie bei den Haaren von Mimosa prostrata parenchymatösen Zellen reihen sich zwei stark verdickte langgestreckte Zellen an (Fig. 159 b.), die indess sogleich einzelnen, verdickten, am Ende zurückgebogenen, kürzeren Zellen weichen (Fig. 158), welche sich bis zur Spitze des Haares fortsetzen. Der Inhalt dieser oberen Zellen ist gewöhnlich Luft.

Im jugendlichen Zustande (Fig. 156) ist in allen Haarzellen neben Protoplasma noch Chlorophyll enthalten, nur mit dem Unterschiede, dass es bei den oberen, später stark verdickten Zellen in Form von Körnern, in den unteren (Fig. 156 a.) aber formlos auftritt, als grüngefärbtes Protoplasma. Die Kernzellen sind in allen Zellen, auch in den oberen, deren Enden eben erst sich auszustülpen beginnen (Fig. 156), deutlich sichtbar, die Membran der Zellen nur schwach verdickt. Die Entwickelung dieser Haare erfolgt übrigens genau in der Weise, wie ich es eben bei den analogen Haaren der Mimosa prostrata beschrieben habe, ich darf daher wohl auf die dort erwähnten Vorgänge verweisen (Seite 543).

Ich bemerke nur, das ich das Auftreten von formlosem Chloro-

phyll in den Haarzellen vieler Pflanzen beobachtete, in grösseren Mengen besonders bei Hieracium-, Artemisia- (Fig. 52—53), Ajuga-Arten etc.*)

Nebst diesen Haaren kommen bei Hieracium Pilosella und den meisten anderen Hieracium-Arten noch kürzere, ein vielzelliges Köpfchen tragende Haare vor, welche im jugendlichen Zustande fast ganz mit formlosem Chlorophyll erfüllt sind.

Jodlösung und Schwefelsäure färbt die Wandungen selbst alter Haare sogleich schön blau, durch Salzsäure behandelt werden sie mattgelb, durch Schwefelsäure desgleichen und zerstört. Im Polarisationsmicroscope betrachtet zeigen sie die schönsten Farbenerscheinungen (blau, orange, gelb, violett).

Schrank**) zählt an der Pflanze fadenförmige und gefiederte Haare auf und bildet die letzteren sehr unvollkommen ab, Eble***) hingegen hat eine recht gute Abbildung von ihnen gegeben.

Die Blattunterseite von Hieracium Pilosella ist besonders bei jungen Blättern von einer Wolle überzogen. Dieselbe besteht aus eigenthümlichen gestielten Haaren, welche an einem mehrzelligen Stiele (Fig. 161 a., Fig. 162) eine grosse, mannigfaltig in Spitzen ausgewachsene Zelle tragen. Von oben betrachtet sehen diese Haare meist sternförmig aus (Fig. 161). Die Wandungen dieser Zelle werden häufig sehr stark verdickt, sie schrumpft, sowie die Stielzellen bald zusammen und führt nur Luft, das Gebilde hängt dann in vielfacher Weise collabirt mit den gleichen Nachbarhaaren zusammen. Der aus 2—4 Zellen gebildete Stiel färbt sich bei Berührung mit Kalilösung intensiv gelb.

---

*) Für optische Erscheinungen am Chlorophyll und den Farbstoffen verweise ich auf folgende meiner Arbeiten:

Weiss, A., die Fluorescenz der Pflanzenfarbstoffe. V. Bericht der naturf. Gesellschaft zu Bamberg. Bamberg 1861. S. 79 ff.

Weiss, A., die Fluorescenz der Pflanzenfarbstoffe. Oesterr. botan. Zeitschrift. 1862. S. 105 ff.

Weiss, A, Ueber das Chlorophyllsecretum. Sitzungsber. der kaiserl. Acad. in Wien. 1861. Bd. 43. S. 210 ff. und Fig. 2.

**) Nebengefässe. S. 41. Taf. I. Fig. 20.

***) Die Lehre von den Haaren. Taf. III Fig. 22.

Papaver bracteatum *Lindl.*

Die meisten Papaver-Arten haben Haare, welche denen der Hieracien (Fig. 160) völlig gleichen, nur dass sie unten, gegen ihre Basis zu, sehr anschwellen. Im Alter stehen sie auf einem oft ungemein grossen Zellhügel. Ihre Länge erreicht nicht selten 10 Mm. und mehr, ihre Entwickelung ist der bei Mimosa prostrata gegebenen gleich.

Guettard*) hat diese Haare der Papaver-Arten bereits bemerkt und für einen Familiencharakter derselben erklärt.

Leontodon Taraxacum *L.*

Die Pappusarten vieler Compositen u. A. auch von Leontodon Taraxacum sind im Baue den Haaren von Hieracium- (Fig. 160), Papaver- und Mimosa-Arten (Fig. 152) gleich, nur viel schlanker, weniger verdickt und mit weitaus stärker hervortretenden Fortsätzen versehen. Ihr Inhalt ist schon sehr frühe nur Luft.

Correa speciosissima *Andr.*

(Fig. 154.)

Die Blüthenblätter sind dicht bedeckt mit äusserst robusten Warzen, welche bei den rothen Partien gelösten rothen Farbstoff führen.

Der Haarfilz, welcher die Unterseite der gewöhnlichen Blätter dicht bezieht, wird gebildet durch Haare der sonderbarsten Form (Fig. 154). Es sitzen nämlich auf einem, aus zahlreichen Zellen gebildeten, bis 0,4 Mm. langen, conischen Stiele (Fig. 154 a.) zahlreiche, nach allen Seiten, sowie nach oben und unten gewendete, mässig verdickte, lange Zellen, welche alle an einem Flecke (Fig. 154 b.) zusammenstossen, und so gleichsam ein stachliches Köpfchen darstellen. Diese Zellen sind 0,4 Mm. und darüber lang, an ihrer Basis 0,02—0,03 Mm. breit, enden spitz und an ihrem Vereinigungspunkte (Fig. 154 b.) ist der conische Stiel angeheftet.

Auch am Griffel finden sich diese Haare, doch sind dort die Aeste noch veil länger, der Stiel indess ausserordentlich kurz.

---

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750. p. 350.

Die Entwickelung des Stieles erfolgt erst spät; anfangs sind nur die langen Endzellen als kleine Warzen bemerkbar. Später hebt sich nach und nach eine immer länger werdende Zellpartie als Stiel empor und die Endzellen wachsen zu langen, starkverdickten Zellen aus.

Xeranthemum annuum *L.* (violett).

(Fig. 155.)

An dem Stengel der Pflanze sitzen eigenthümliche Haare. (Fig. 155). Sie bestehen aus 3—5 und mehr kurzgliedrigen Zellen, welche eine grosse, schwertförmige, 0,13—0,38—0,7 Mm. lange und 0,03—0,096 Mm. breite Zellen tragen.

Dieselben Haare finden sich auf der Unterseite der Blumenblätter, nur ist dort die obere Zelle nicht schwertförmig, sondern spindelförmig, nur 0,02—0,03 Mm. breit, dafür aber 1,14—1,5 Mm. lang. Es wachsen diese Haare an ihrem Grunde weiter.

Lamium maculatum *L.*

(Fig. 166 — Fig. 173.)

Die Haare an den Blättern der Pflanze sind sehr robust, spitz endigend und meist aus 3 Zellen bestehend, deren oberste die längste ist. Die Basis ist bulbusartig angeschwollen und sitzt auf einem Hügel der umfassenden Epidermiszellen (Fig. 173 a.), von denen meist 4 das Haar zunächst einschliessen (Fig. 173 b.) und häufig einen gelösten rothen Farbstoff führen. Die Basalzelle dieser Haare ist wenig, die oberen Zellen stark mit spiralig angeordneten Cuticularknoten besetzt, alle sehr beträchtlich verdickt, so zwar, dass der Durchmesser der Zellhaut bei der Totaldicke des Haares von 0,019 Mm. nicht weniger als 0,0032 Mm. beträgt. Die ganze Länge der Haare ist zumeist 1,51 Mm., ihre Dicke an der Basis 0,032—0,0385 Mm., in der Mitte 0,019—0,023 Mm.

In ganz jungen Stadien erscheint das Haar zunächst als einfache Papille, welche sodann durch Theilung zweizellig wird (Fig. 166). Die Zellen sind dicht mit Protoplasma erfüllt, welches die wandständigen Kernzellen der Beobachtung entzieht. Die obere Zelle wächst rasch weiter (Fig. 167) und das Protoplasma beginnt sich längs der Wandung auszubreiten, bis es in zarten Strömchen nach

der Spitze zu kreisen beginnt (Fig. 170). Später erscheint die Endzelle in zwei zerfallen (Fig. 168) und damit ist das Haar in seiner Totalität bereits angelegt.

Im Protoplasma zeigen sich häufig Vacuolen (Fig. 168 v.), auch ballt es sich öfters um die Kernzelle zu einem dichten Klumpen zusammen (Fig. 168 a.). Von den angelegten 3 Zellen wächst anfangs wieder die oberste rascher weiter (Fig. 169) und krümmt sich dabei häufig nach vorne, wie ich dies auch bei den Haaren von Symphytum officinale (Fig. 92, Fig. 93) beschrieben habe.

Nebst diesen Haaren trägt die Oberhaut zahlreiche Glandeln (Fig. 171), deren Köpfchen meist aus 4 Zellen besteht, die mit einer grobkörnigen, farblosen Materie erfüllt sind (Fig. 172), in der Jugend jedoch nur Protoplasma führen (Fig. 171). Der rothe Farbstoff, welcher die Epidermis und die unter ihr liegenden Zelllagen meist erfüllt, geht häufig auch in die Glandeln über; sie erscheinen dann carminroth gefärbt.

Jodlösung färbt den Inhalt der Köpfchen der Glandeln gelb; Kalilösung den Inhalt sowohl der Haare als der Glandeln hochgelb, die Verdickungsschichten der Wände treten dabei besonders hervor.

Eisenchlorid lässt in den unteren Haarzellen eisengrünenden Gerbstoff erkennen.

Schrank*) hat eine schlechte Abbildung der Haare von Lamium purpureum gegeben.

Boehmeria utilis *L.*

An jungen Stengeln stehen einzellige, meist sichelförmig gekrümmte conische Haare. Ihr Basaltheil ist von kleinen, meistentheils chlorophyllführenden Oberhautzellen umschlossen. Im Alter werden die Haare, von der Spitze nach der Basis, allmälig fast ganz mit einer Füllmasse ausgefüllt, wie sie die Haare so vieler Asperifolien zeigen. Sie sind mässig verdickt und mit Cuticularknoten bedeckt, welche gegen die Basis zu immer schwächer werden. Ihre Länge beträgt zwischen 0,7—0,9 Mm., ihre Breite an der Basis 0,05—0,07 Mm. und ihre Entwickelung erfolgt genau wie die der Haare von Symphytum officinale, Urtica urens etc.

*) Nebengefässe. Taf. I, Fig. 11 a.

Echium candicans *L.*

Die Blattunterseite ist mit eigenthümlichen Haaren bekleidet. Sie sind einzellig, enorm verdickt und mit grossen Cuticularknoten bezogen. Ihre Basis ist zu einem Bulbus erweitert, der nicht selten bis 0,1 Mm. Durchmesser hält und von den Oberhautzellen bis zu ⅔ umschlossen erscheint. An der Basis steht bei robusten Haaren ein Kranz kurzer einzelliger Haare, der sie ringsum umschliesst. Im Alter werden sie ganz und gar von einer Füllmasse erfüllt. Ihre Länge beträgt 1,0—1,5—1,8 Mm. und mehr, ihre Breite an der Basis 0,04—0,06 Mm. etc.

Francoa sonchifolia *Cavan.*

Blattstiele und Blattrippen tragen mehrzellige, schwach verdickte, einfache, conische Haare, deren Spitze, wie die Haare von Geranium phaeum (Fig. 183), beträchtlich mehr als die übrigen Theile verdickt erscheint. Ihr Inhalt ist farblos und sie werden 0,38—0,7—1,15 Mm. lang und an ihrer Basis 0,03—0,04—0,07—0,08 Mm. breit.

An der Blattunterseite der Pflanze stehen 2zellige, seltener 3—4zellige, mässig verdickte, spatelförmige (wie Fig. 155 die Endzelle) Haare, welche ebenso die Blattoberseite bekleiden. Sie sind farblos und werden 0,25—0,38—0,7 Mm. lang und an ihrer Basis 0,025—0,038—0,06 Mm. breit, daher ihre Breite, wie in unzähligen anderen Fällen, gerade $\frac{1}{10}$ ihrer Länge beträgt.

Urtica urens *L.*

(Fig. 163—Fig. 165.)

Die erwachsenen Brennhaare der Pflanze stehen auf einem mehr oder weniger grossen Zellhügel. In jugendlichem Zustande ist derselbe noch nicht vorhanden, das Haar besteht da aus einer zartwandigen, oben spitz endenden Zelle, die unten nur mässig angeschwollen ist und dort eine Kernzelle hat, von welcher aus die zahlreichen Protoplasmaströme verlaufen (Fig. 163). Später fangen bereits die Oberhautzellen an, über die Basis des Haares zu greifen, auch schwillt das Basalende desselben bereits merklich an, aber noch ist die Spitze des Haares nicht mehr verdickt als die anderen

Theile (Fig. 164). Wenn der Bulbus sich schon ziemlich stark entwickelt hat, fangen von der Spitze des Haares an, Cuticularknoten zu entstehen, auch erscheint das Haarende, gegenüber den anderen Partien, beträchtlich verdickt (Fig. 165). Die älteren, weiteren Stadien der Entwickelung sind hinreichend bekannt, wie denn überhaupt die Brennhaare zu den Bestuntersuchten zählen, daher ich sie auch hier bei Mittheilung der eigenen Beobachtungen nur flüchtig berühre.

Schon frühe (Fig. 163) kreist das Protoplasma mit grosser Lebhaftigkeit in der Haarzelle. Ich maass die Schnelligkeit der Bewegung in Einer Secunde bei verschiedenen Strömungen der Fig. 165 zu 0,0035, 0,0039, 0,0040, 0,0053, 0,006 Mm. Später wird sie noch rascher, wo das Haar entwickelter ist.

Schon Hooke*) hat eine Abbildung dieser Haare gegeben, welche weitaus treuer und besser als die Figuren von Schrank**) und Guettard***) (130 Jahre später) sind. Eble†) bildet ein Brennhaar der Urtica dioica sehr mittelmässig ab, überhaupt ist seine Manier, die Haare stets angeschnitten zu zeichnen, eine durchaus verfehlte, auch steht in diesem speciellen Falle der Zellhügel des Haares in gar keinem Verhältnisse zu dessen Grösse und es verlaufen die Zellen des Hügels, besonders an den Stellen, wo er in die Epidermis übergeht, keineswegs in der gezeichneten Weise. Meyen††) hat recht gute Abbildungen der Urticeen- und anderer Brennhaare gegeben, er sagt, man habe bisher von diesen Gebilden die Vorstellung gehabt, dass es Härchen wären, welche an ihrer Basis mit einer Drüse versehen seien, die den ätzenden Saft absondern, welcher bei dem Stiche mit dem Härchen in die Haut dringt und daselbst die brennende Wirkung hervorruft. Davon sei viel zu berichten; zunächst sei das Haar einzellig und unten zu einem Bulbus angeschwollen, der wohl die Secretion vollführen

*) Micographia. London 1665. Schem. XV, Fig. 1.
**) Nebengefässe. S. 42, Taf. I, Fig. 3.
***) Mémoires de l'acad. de Paris. 1745.
†) Die Lehre von den Haaren. 1831, Taf. I, Fig. 5.
††) Secretionsorgane. 1837. S. 41, Taf. VIII, Fig. 1—4. U. argentea, Fig. 5—15, U. divisa.

möge. Unger*) bildet die Brennhaare von U. urens und an anderem Orte**) die von Urtica dioica sehr gut ab.

Kützing***) hat ebenfalls eine Abbildung derselben gegeben, die aber bei Weitem nicht die treue Abbildung von Karsten†) erreicht.

Galium Mollugo *L.*

(Fig. 174—Fig. 176.)

Auch die Galium-Arten gehören zu einer jener Familien, welche eine ihnen vorzüglich eigenthümliche Haarform — hier die hackenförmige — besitzen. Bei Galium Mollugo haben bekanntlich die Blätter und Stengel die Eigenschaft sich bei der Berührung sogleich festzuhängen. Dies wird bewirkt durch einzellige, zahlreiche Haare, welche an der Spitze hackenförmig zurückgebogen und dort ausserordentlich stark verdickt sind (Fig. 175). Sie werden 0,3—0,8 Mm. und mehr lang, an ihrer Basis 0,06—0,08 Mm. dick und führen viel Protoplasma.

In sehr jungen Stadien (Fig. 174) sind sie gerade gestreckt, deshalb haften auch ganz junge Blättchen nicht bei der Berührung an den Fingern. An ihrer Basis schwellen die Haare zu einem Bulbus an, der sich immer mehr vergrössert und bei den Haaren, die an den Rippen erwachsener Blätter stehen, einen Durchmesser von oft mehr als 0,3 Mm. erreicht, während sich dort das ganze Haar kaum über 0,1 Mm. über die Epidermis erhebt (Fig. 176). Die sehr stark herabgekrümmte Spitze ist dann ganz ausserordentlich verdickt.

Bereits Guettard††) kennt diese steifen, hackenförmigen Haare, Schrank†††), der sie Hackenborsten nennt, bildet sie kaum erkennbar ab, nur Eble*†) hat eine gute Abbildung dieser Haarform gegeben.

*) Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1855. Fig. 86.

**) Grundlinien der Anatomie und Psychologie der Pflanzen. 1866. Fig. 71.

***) Philosoph. Botanik. I. Bd., Taf. X, Fig. 7.

†) Die Entwickelungserscheinungen der organischen Zelle. Poggendorff's Annalen. 1863, Bd. 118, Taf. VI, Fig. 1—3.

††) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750, p. 189.

†††) Nebengefässe. Taf. I, Fig. 10.

*†) Lehre von den Haaren. Taf. I, Fig. 8.

Galium insubricum *Gaud.*

(Fig. 186.)

Die Pflanze ist glatt, nur die Blattränder sind mit kurzen, nach vorwärts gekrümmten eigenthümlichen Haaren besetzt (Fig. 186). Dieselben sind besonders an der Spitze sehr stark verdickt, einzellig, mit Cuticularstreifen bezogen und führen einen farblosen Inhalt. Ihre Länge beträgt meist 0,15—0,19 Mm., ihre Breite an der Basis 0,0096 Mm.

Im jugendlichen Zustande sind sie dünnwandig und entstehen durch das Auswachsen einer Epidermiszelle des Blattrandes.

Eble*) hat eine recht brauchbare Abbildung eines ähnlichen Haares von der Fruchthülle von Galium Aparine gegeben, nur ist das, was er als „zwiebelförmigen Rindenkörper des Haares" bezeichnet, eben nichts weiter als das Mesophyll des Blattes. Meyen**) hat ein mit gelbem Zellsafte erfülltes Haar vom Stengel von Galium Aparine ziemlich gut abgebildet. Uebrigens hat schon Guettard***) diese Haare gesehen.

Galium cruciatum *Sm.*

Am Stengel der Pflanze stehen einzellige, spitz endende Haare. Sie sind stark verdickt, mit grossen Cuticularknoten besetzt und führen Protoplasma und farblosen Zellsaft. Ihre Länge beträgt 0,7—1,42 Mm. und mehr, ihre Breite an der Basis 0,03—0,06—0,08 Mm. An den Blättern sitzen eben solche Haare, nur stehen sie da auf mehr oder weniger grossen Zellhügeln, die auch wohl als einfache Tuberkeln ohne Haare vorkommen. Der Zellhügel, auf dem die Haare stehen, ist auch hier in der Jugend nicht vorhanden, sondern bildet sich erst aus, nachdem die das Haar bildende Endzelle bereits eine beträchtliche Entwickelung erlangt hat.

Anchusa Barrelieri *DC.*

(Fig. 177.)

An den Kelchblättern, desgleichen an den Stengeln sind

*) Lehre von den Haaren. Taf. I.

**) Secretionsorgane. Taf. V, Fig. 16.

***) Observat. p. 52.

zahlreiche, einzellige, kegelförmige Haare vorhanden. Sie sind, wie die Haare der meisten Borragineen, an ihrer Basis bulbusartig aufgetrieben, stark verdickt und ihrer ganzen Länge nach mit mächtigen Cuticularknoten bedeckt. Sie erreichen eine Länge von 0,3—0,8 Mm. und an ihrer Basis eine Dicke von 0,03—0,08 Mm. (Fig. 177). An den Rändern der gewöhnlichen Blätter stehen auf Zellhügeln der Oberhaut äusserst robuste, meist zweizellige, sehr stark verdickte Haare, deren Länge bis 2,3 Mm. und deren Breite an der Basis zwischen 0,16 Mm. beträgt. Ihre Zellhaut erreicht oft einen Durchmesser von 0,03 Mm., so dass das Lumen nicht über 0,1 Mm. steigt.

Gnidia tomentosa *L.*

(Fig. 178 — Fig. 179.)

An Blättern und Stengeln, wie auch an der Unterseite der Blumenblätter finden sich zahlreiche, spitz endende, einzellige Haare, die mit spärlichen aber ausserordentlich starken Cuticularhöckern überzogen sind (Fig. 179). Sie werden bis 4 Mm. lang, und an der Basis 0,027—0,035 Mm. dick; der Durchmesser ihrer Zellhaut übersteigt häufig 0,01 Mm., so dass das Lumen bei vielen nunmehr den fast verschwindend kleinen Durchmesser von 0,005 Mm. besitzt.

Mit Jodlösung färben sie sich dunkelgelb, quellen durch Behandlung mit Kupferoxydammoniak stark auf und zeigen die Lagen ihrer Verdickungsschichten, desgleichen in Berührung mit Kalilösung gebracht. In jugendlichem Zustande enthalten sie sehr viel Gerbstoff. Jodlösung und Schwefelsäure färben ihre Membran erst nach dem Kochen des Präparates in Kalilösung blau.

Sie verdicken sich bereits in sehr jugendlichem Zustande (Fig. 178) und es erscheinen da bei den noch dünnen Zellsäulen bereits die Spuren der später so mächtigen Cuticularhöcker.

Abutilon Regelii *Fzl.*

(Fig. 180 — Fig. 181.)

Die Haare an den Blättern und Stengeln der Pflanze sind vielzellig, spitz zulaufend und aus Zellelementen zusammengesetzt, die im erwachsenen Zustande 0,38—0,75 Mm. lang sind, an beiden

Enden angeschwollen erscheinen (Fig. 180) und zahlreiche wandständige Chlorophyllkörner im Plasma führen. Die Verbindung der Zellen macht auch hier, wie bei Lamium album (Fig. 71), die Gelenke knotig. Der Heerd der Zellvermehrung im Haare befindet sich am Grunde desselben; in jungen Zellen ist dort meist ein centraler Plasmaballen (rudimentärer Cytoblast) vorhanden, von dem aus zahlreiche Ströme an die Zellwand ziehen. Das erwachsene Haar steht auf einem Zellhügel, der von jenen Oberhautzellen gebildet ist, welche die Basalzelle des Haares umfassen (Fig. 181) und fast immer chlorophyllfrei sind. Ihr Inhalt wird durch Ammoniak intensiv gelb gefärbt.

Nebst diesen Haaren kommen gestielte Glandeln vor, deren Köpfchen aus zwei Zellen besteht, und die denen bei Lantana Jungii (Fig. 85), Gesneria patula u. A. völlig gleichen.

Die Entwickelung der Haarformen dieser Pflanze erfolgt wie die der Haare von

Abutilon tiliaefolium *Sw.*

Jüngere Stengel und Blattspiele tragen dem freien Auge sogleich auffallende, silberweisse, lange Haare. Es kommen an den genannten Theilen 4 völlig verschiedene Haarformen vor. Zunächst einzellige, ausserordentlich stark verdickte, spitz endende Haare, denen von Gnidia tomentosa (Fig. 179) ähnlich. Sie haben an ihrer etwas aufgetriebenen Basis nach Innen häufig einen kleinen zäpfchenartigen Fortsatz von Zellstoff, werden bis 2,3—3—3,4 Mm. lang, an ihrer Basis bei 0,026—0,032 Mm. breit und zeigen dabei eine Dicke der Zellhaut von 0,0096—0,013 Mm., daher ein Lumen von selten über 0,006 Mm.

Zwischen ihnen stehen Büschelhaare. Sie werden gebildet aus 5—10 zelligen, sehr schmalen, dabei aber sehr stark verdickten Einzelhaaren und gehören zu den allerzartesten Formen, die ich beobachtete. Die Länge der einzelnen Haare schwankt zwischen 0,026–0,09 Mm., ihre Breite an der Basis zwischen 0,003–0,007 Mm., es lassen sich durch Eisenchlorid Spuren von eisengrünendem Gerbstoffe in ihrem Inhalte nachweisen.

Endlich sind noch Köpfenhaaare vorhanden. Sie bestehen aus 9—10 schwach verdickten Stielzellen, die nach der Basis hin immer

kürzer werden und farblosen Zellsaft führen. Dieser Stiel trägt ein vielzelliges farbloses Köpfchen. Die Haare werden 0,19—0,26—0,29—0,32 Mm. lang, an ihrer Basis 0,019—0,024 Mm. breit und der Durchmesser ihrer Köpfchen schwankt zwischen 0,0096—0,013—0,015 Mm.

Die Blattunterseite ist bedeckt mit robusten, eigenthümlichen Büschelhaaren, welche aus 7—8—9, seltener aus 6 Einzelzellen gebildet werden. Sie sind einzellig, stark verdickt und so angeordnet, dass ihrer immer je 6—7—8 in Einer Ebene liegen, während je Eines in der darauf senkrechten gewachsen ist. Die Länge dieser Einzelhaare beträgt 0,38—0,8 Mm., die Breite an ihrer Basis 0,016—0,02 Mm.

Kalilösung färbt diese Haare gelbgrün, besonders gegen ihre Basis zu; junge Stadien werden von dem Reagens fast gar nicht gefärbt.

Auch diese Pflanze zeigt an der Unterseite ihrer Blätter, trotz der dichtesten Verfilzung, zahlreiche Spaltöffnungen.

Ficus barbata *Vahl.*

An jungen Stengeln stehen sehr lange, vielzellige, sehr stark verdickte Haare, welche denen vieler cultivirten Verbena-Arten völlig gleich und an ihrer Basis bei 0,015—0,019 Mm. breit sind. An der Oberseite der Blätter werden diese conischen Haare viel robuster, stehen indess da nur zerstreut. Ihr Durchmesser erreicht am Grunde 0,05—0,06 Mm.

Iris squalens *L.*

(Fig. 182.)

Die Narbenhaare der meisten Iris-Arten sind in gleicher Weise gebaut. Bei unserer Pflanze sind sie 1,5—4,2 Mm. lang und aus zahlreichen Zellelementen zusammengesetzt. Mit freiem Auge betrachtet, glaubt man, sie trügen ein schwarzes Köpfchen, doch ist dies nur scheinbar und hervorgerufen durch den intensiv violetten Farbstoff, der die Endzellen derselben meist erfüllt (Fig. 182). Einzelne Haare sind bis zur Basis herab mit violettem Zellsafte gefüllt, bei der Mehrzahl findet er sich indess nur in den Spitzenzellen vor. Die anderen Zellen haben farblosen Zellsaft, und darin

suspendirte, 0,001 Mm. im Durchmesser haltende, gelbe, runde Farbstoffkörner, welche nicht selten den violetten Partien ganz oder theilweise fehlen und in der Regel kranzförmig um den nie fehlenden Cytoblasten gelagert sind, wohl auch denselben ganz einhüllen (Fig. 182). Protoplasma ist in allen Zellen, die oft in 6 Reihen der Breite nach liegen, vorhanden und zwar in beträchtlicher Menge, wohl auch in Strömung begriffen. Sämmtliche Zellen sind mit starken Cuticularstreifen bedeckt.*) Die Haare sind keulenförmig, dünner an der Basis wie an der Spitze und an letzterer oft 0,11—0,17 Mm. breit, alle Zellen nach Aussen hin buchtig aufgetrieben und stets nur schwach verdickt.

Geranium phaeum *L.*

(Fig. 183.)

Neben den später (Seite 575) zu betrachtenden Köpfchenhaaren der Pflanze finden sich zahllose, einzellige, schief aufsteigende, kurze, spitz auslaufende Haare, deren Spitze sehr stark verdickt wird (Fig. 183). Sie werden selten über 0,08—0,096 Mm. lang und an ihrer, im Niveau der Oberhautzellen liegenden Basis 0,0096 Mm. breit. Meist wechseln sie mit je einer dazwischenliegenden, nicht zur Haarzelle entwickelten oder vielmehr ausgewachsenen Oberhautzelle ab (Fig. 183).

Zwischen ihnen stehen noch sehr lange, unten etwas angeschwollene, spitz endende, ebenfalls einzellige Haare, die eine Länge von 2,28—3,04 Mm. erreichen und an ihrer Basis bis 0,026 Mm. breit sind. Sie sind die relativ am seltensten vorkommenden Haare der Pflanze.

Beide Haarformen enthalten, insbesondere im jugendlichen Zustande viel Gerbstoff, aber nie Chlorophyll oder Amylumkörner.

Banksia ilicifolia *R. Br.*

(Fig. 185.)

Junge Blätter und Stengel sind mit einem, dem freien Auge braunroth erscheinenden Filze bekleidet. Er besteht aus langen, wurmförmig gewundenen, einzelligen Haaren. Sie sind ausserordentlich stark verdickt und mit einer braunrothen Materie erfüllt, welche im Alter selbst die Membranen färbt. Die Länge dieser Haare be-

*) In Fig. 182 nur an den untersten Zellen gezeichnet.

trägt 0,3—0,7—1,0—1,5 Mm. und mehr; ihr Durchmesser 0,016—0,02—0,03 Mm. und darüber (Fig. 185).

Chenopodium viride *L.*

(Fig. 198.)

Den Uebergang zu jenen, streng genommen ihrer Gestalt nach nicht mehr haarförmigen Bildungen, wie wir sie bei Tetragonia-, Oxalis-, Mesembryanthemum-Arten u. A. finden, bilden die Haare, welche bei Chenopodium-Arten charakteristisch vorkommen (Fig. 198).

Auf einem 1—3- und mehrzelligen, kürzeren oder längeren, immer aber sehr dünnen Stiele sitzt eine gigantische, oft runde oder ellipsoidische, oft mannigfach verzogene Zelle (Fig. 198 a.—c.), die leicht abfällt und nur den unscheinbaren Stiel, nicht selten aber auch ihn nicht zurücklässt. Alles ist mit farblosem Zellsafte gefüllt, der reichlich Gerbstoff enthält. Merkwürdig ist, dass viele Chenopodium-Arten diese sonderbaren Haare nur auf der unteren, viele auf beiden Blattflächen zeigen, dass sie bei einigen frühe abfallen, bei anderen dagegen lange Zeit erhalten bleiben.

Guettard*) hat sie entdeckt und ihre Vertheilung ausführlich geschildert, auch Meyen**) hat sie beschrieben und recht gut abgebildet.

Oxalis carnosa *Molin.*

Den einzelligen, schlauchartigen Haaren von Tetragonia- und Mesembryanthemum-Arten ähnlich, sind gleiche Bildungen an der Blattunterseite von Oxalis carnosa.

Die Oberseite des Blattes wird gebildet aus sehr grossen, nach aussen gewölbten dünnwandigen Zellen, welche mit farblosem Zellsafte erfüllt sind und vereinzelte Chlorophyllkörner zeigen. Aehnliche Zellen habe ich an vielen Piper-Arten in jener merkwürdigen, mehr oder weniger dicken, farblosen Schicht gefunden, welche den Querschnitt der betreffenden Blätter als aus zwei total verschiedenen Schichtensystemen bestehend erscheinen lässt.***) Unter diesen Zellen

*) Observations sur les Plantes. Paris 1747, II, p. 10 sq.

**) Secretionsorgane. p. 28, Taf. II, Fig. 1.

***) Auf den Bau der Piperaceenblätter werde ich in einer anderen, noch unvollendeten Arbeit eingehend zu sprechen kommen.

liegen bei Oxalis carnosa Schichten kleiner, rundlicher Zellen, die grosse Intercellularräume zwischen sich freilassen. Die Zellen sind erfüllt mit runden, meist kreisförmig an der Wand liegenden Chlorophyllkörnern. Auf diese Schicht — das Mesophyll — folgt endlich die Epidermis der Blattunterseite, deren Zellen theils zu Köpfchenhaaren, theils zu grossen schlauchartigen Gebilden verlängert sind. Dieselben enthalten einen sauer reagirenden Zellsaft, vereinzelte kleine Chlorophyllkörner und färben sich mit Jodlösung rostroth. Jodlösung und Schwefelsäure färbt die innere Wand derselben schön blau, die äussere Partie gelb. Bei erwachsenen Blättern sind diese einzelligen Schlauchgebilde oft von ganz beträchtlicher Grösse.

Tetragonia expansa *Ait.*

Die Stengel der Pflanze sind dicht überzogen mit einzelligen über die Oberhaut emporstehenden Warzen, welche durch das Fortwachsen gewisser Epidermiszellen hervorgebracht werden. Man kann sie, wenn auch nicht ihrer Gestalt nach zu den Haaren rechnen, da sie genetisch den ähnlichen Gebilden von Tetragonia echinata, Oxalis carnosa etc., die man zweifellos als tiefste Haarstufe bezeichnen muss, gleich sind. Ihre Grösse ist ausserordentlich verschieden, desgleichen ihre Gestalt, doch bleiben ihre Membranen stets dünnwandig und der Inhalt eine wasserhelle Flüssigkeit.

Meyen*) hat eine unvollkommene Abbildung derselben bei Tetragonia echinata gegeben.

Aquilegia vulgaris *L.*

(Fig. 418 — Fig. 424.)

Zu den sonderbarsten Haarbildungen gehören die an den Blüthentheilen vieler Aquilegia-Arten vorkommenden Haare. Sie bestehen bei Aquilegia vulgaris aus einer tonnenförmig angeschwollenen und unten (Fig. 424 d.) cylindrisch ausgewachsenen Zelle, an welche oben sich ein fadenförmiger Fortsatz (Fig. 424 b.) ansetzt. Die Gesammtlänge dieser eigenthümlichen Haare beträgt 0,3—0,5 Mm., die Länge der fadenförmigen Zelle 0,17—0,22 Mm., die Breite der

*) Secretionsorgane. Taf. VII, Fig. 13—16.

selben bei 0,004 Mm.; die Länge der tonnenförmigen Zelle = 0,12—0,14 Mm., ihre Breite 0,03—0,05 Mm., die Breite der fadenförmigen (Fig. 424 a. b.) an der Ansatzstelle der tonnenförmigen etwa 0,016 Mm. Die tonnenförmige Zelle enthält ausserordentlich grosse Mengen von Protoplasma, welches gewöhnlich im centralen Theile derselben eine breite Mittelzone bildet (Fig. 424 c.) und dort in rascher Strömung begriffen ist. Der übrige Inhalt derselben ist körnig, oft mit zahllosen Vacuolen erfüllt (Fig. 423) und mattgelb gefärbt. Der Hals (Fig. 424 a. b.) enthält eine stark lichtbrechende Substanz und ist an seiner etwas angeschwollenen Spitze häufig von einer farblosen Secretionsmasse kugelförmig eingehüllt, die sich durch Jodlösung braunroth färbt (Fig. 424 a.).

Mit Kalilösung behandelt, färbt sich der Bulbus (Fig. 424 b. d.) intensiv gelb, mit Jodlösung gelb (Protoplasma), der Hals goldgelb bis braungelb. Jodlösung und Schwefelsäure färben die tonnenförmige Zelle rosa; Eisenchlorid lässt sehr viel eisengrünenden Gerbstoff in derselben erkennen und in jungen Stadien erfüllt derselbe das ganze Haar. Mit Kupfervitriollösung behandelt und in Kalilösung erwärmt, ist die tonnenförmige Zelle violett geworden, Zucker indess in ihr keiner nachweisbar.

Die Haare erscheinen zuerst als Papillen, die sich kaum merklich über die Oberhaut erheben (Fig. 418). Beim späteren Wachsthum, wo die Protoplasmaströme alle nach der Spitze gerichtet sind (Fig. 419), streckt sich die Zelle ganz beträchtlich in die Länge. Später lenkt sich die Richtung der Protoplasmaströme auch seitlich und die Zelle fängt an ihrer Basis anzuschwellen an (Fig. 420). Gerbstoff im wässrigen Zellsafte und Protoplasma machen da den einzigen nachweisbaren Inhalt des Haares aus. Später streckt sich die Spitze immer mehr (Fig. 421) und beginnt sich nach und nach mit einer Substanz zu füllen, die immer tiefer herabsteigt (Fig. 422), bis sie die tonnenförmige Zelle erreicht hat (Fig. 424 b.). In der Regel bildet sich dann dort keine eigentliche Membran (Fig. 422), manchmal ist dies aber entschieden der Fall (Fig. 423. 424) und das Haar dann zweizellig (Fig. 423. 424).

In jungen Stadien ist die tonnenförmige Zelle stets mit zahlreichen grösseren und kleineren Vacuolen erfüllt (Fig. 423), die sich

später wieder verlieren (Fig. 424). Die Verdickung der Haarzellen wird nie beträchtlich.

An den Blättern der Pflanze stehen einzellige, nicht über 0,03 Mm. an ihrer Basis breite Haare, stumpf endend und reichlich Protoplasma führend. Sie erreichen eine Länge von 0,3—0,5—0,6 Mm. Ihre Entwickelung ist so zu sagen selbstverständlich, indem sie in nichts weiter als der Streckung einer Epidermiszelle besteht.

Guettard*) erwähnt unten angeschwollener Haare, welche oben einen Safttropfen tragen.

Cistus Garganicus *Ten.*

(Fig. 199 e., Fig. 425. 426. 427.)

Die meisten Cistus-Arten haben neben gewöhnlichen Haaren secernirende, die so eigenthümlich gebaut sind, dass sie einen Familiencharakter dieser Gruppe abgeben können. Sie bestehen an den Blattrippen und Stielen von Cistus Garganicus aus einer zahlreichen Menge breiter, schmaler Zellen, welche den unteren Theil des Haares bilden und mit einer grobkörnigen Materie erfüllt sind. Auf sie folgen mehrere (3—4—5) Zellen mit farblosem Zellsafte, deren letzte oben knopfförmig erweitert ist und wie die 3—4 nächsten Zellen meistentheils von einer zähen, farblosen Secretionsmasse eingehüllt wird.

Kalilösung färbt den Inhalt der unteren Zellen schwefelgelb, den der oberen mennigroth, desgleichen die Secretionsmasse in intensivster Weise mennigroth. Man kann daraus schliessen, dass dieselbe wahrscheinlich in den unteren Zellen secernirt wird und durch die oberen ihren Weg in's Freie findet. Jodlösung färbt alle Theile gelb, Eisenchlorid lässt in den unteren Zellen viel eisenbläuenden Gerbstoff erkennen. Durch Jodlösung ist nach der Behandlung mit Kalilösung Amylum in den unteren Zellen in nicht unbeträchtlicher Weise erkennbar (daher der grobkörnige Inhalt derselben).

Diese Haare wachsen nur an ihrem Grunde. In sehr jungen Stadien enthalten die Zellen derselben sehr zahlreiche Vacuolen

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1756. p. 342.

(Fig. 425), später verschwinden sie nach und nach (Fig. 426), sowie die Zelltheilung einen raschen Verlauf in den unteren Zellen andeutet (Fig. 427).

Nebst diesen Haaren sind an der Pflanze zahlreiche robuste Büschelhaare vorhanden.

B. Köpfchentragende Haare.

a) Mit einzelligen Köpfchen.

Digitalis purpurea *L.*

(Fig. 200 — Fig. 231.)

Auf der Oberseite der Unterlippe sitzen mehrzellige, spitz endende Haare. Die obersten Zellen derselben sind mit einzelnen Cuticularknötchen besetzt, alle an der Berührungsstelle von je zweien tonnenförmig angeschwollen (Fig. 200 a. b.), wie die Haare von Lamium album (Fig. 71), Abutilon Regelii (Fig. 180) etc. In ihrem Innern kreisen sehr schöne Protoplasmaströme. Die Haare sind mässig verdickt, an ihrer Basis 0,08 Mm. und mehr breit, in den Mittelzellen (Fig. 200 bei a. b.) 0,08—0,09 Mm., etwas weiter oben (Fig. 200 bei c. d.) 0,05—0,06 Mm. breit.

Der Fruchtknoten ist mit Köpfchenhaaren besetzt. Sie bestehen aus einem vielzelligen conischen Stiele und einem darauf sitzenden, einzelligen länglichen Köpfchen, welches an seiner Spitze ebenso wie Digitalis lutea (Fig. 258), Geranium sylvaticum (Fig. 308), Ajuga pyramidalis (Fig. 271) etc. ein Knötchen trägt (Fig. 211). Die Länge dieser Haare variirt zwischen 0,3 — 0,7 — 0,9 — 1,0 Mm., die Länge des Köpfchens zwischen 0,02 — 0,04 Mm., seine Breite zwischen 0,017 — 0,03 Mm. Der Inhalt derselben ist entweder farblos oder enthält eine gelbliche grumöse Materie, er wird wie die Stielzellen von Kalilösung intensiv gelb gefärbt. Verfolgt man die Entstehung dieser Haarformen, so sieht man sie zuerst als Papille sich über die Epidermis erheben (Fig. 201). Das Protoplasma dieser Papille sammelt sich zu sphärischen Primordialzellen, die in der Mitte eine dichte Zone (Fig. 201 a.), seltener zwei (Fig. 202 a. a'.) hervorbringen, deren jede einen Plasmaballen zum Cytoblasten hat.

In dieser Zone, welche die Berührungssphäre der gebildeten Primordialzellen ist, geht der Theilungsprocess vor sich, durch welchen das junge Haar dann in zwei (Fig. 203) oder drei Zellen zerfallen ist. Der Theilungsvorgang wird nun wiederholt, doch nur in der Endzelle (Fig. 203 a.), die Basiszelle theilt sich nicht wieder, es wächst das Haar daher stets nur an seiner Spitze. Man sieht in der erwähnten Endzelle zunächst das Protoplasma in einem Klumpen den Cytoblasten umschliessen (Fig. 204), sodann sich zertheilen und an die Wandung legen (Fig. 205). Später rückt der Cytoblast etwas gegen die Mitte der Zelle und das Protoplasma ballt sich immer mehr um denselben, bis es eine dichte, quer durch die Zelle gehende Zone gebildet hat (Fig. 206), deren Mitte der Cytoblast einnimmt.*) Hier verdichtet es sich immer mehr, so dass der Cytoblast gewöhnlich nicht mehr sichtbar bleibt (Fig. 207) und man sieht bald darauf in Gestalt einer äusserst feinen Linie die Anfänge der neu gebildeten Membran in der Protoplasmazone auftreten (Fig. 208 a.). Die beiden Inhaltspartien der dadurch neu gebildeten Tochterzellen erscheinen damit schon völlig geschieden. Dieser oben beschriebene Theilungsvorgang wird nun in der obersten Haarzelle wiederholt und zwar nicht selten an zwei Stellen derselben Zelle zugleich (Fig. 209), wie ich es auch bei den Haaren von Tradescantia virginica (Fig. 25), Nicandra physaloides (Fig. 142) etc. beobachtete. Diess geht so lange fort, bis die Stielzellen alle fertig sind. Nun erst beginnt die Endzelle sich zu runden (Fig. 210), enthält indess noch immer nur Protoplasma im Inhalte. Später wird ihr Inhalt körnig und das Köpfchen erhält oben einen Fortsatz, womit das Haar fertig gebildet ist (Fig. 211).

Junge Blätter von Digitalis purpurea sind mit einem Haarfilze bekleidet, der sich leicht sammt der Epidermis von ihnen abheben lässt. Er besteht aus unverzweigten, 0,08—0,11—0,12 Mm. langen und an ihrer Basis 0,016—0,026 Mm. breiten, 10—12 und mehrzelligen Haaren, die, wie die erwähnten Köpfchenhaare an der Spitze wachsen und farblosen Zellsaft führen. Sie entstehen aus

*) Wenn sich Primordialzellen im Innern einer Mutterzelle individualisiren, wird natürlich die Plasmaanhäufung vorzüglich an der Berührungssphäre von je zweien am augenfälligsten, man erkennt indess stets ohne Mühe leicht die Continuität derselben im ganzen Umfange der Primordialzellen.

einer Oberhautzelle, die sich über die Epidermis erhebt (Fig. 212), theilt (Fig. 213) und diese Theilung in der Spitzenzelle fortsetzt, wodurch das Haar successive länger wird (Fig. 214—216). Verfolgt man diesen Vorgang genauer, so sieht man, dass auch hier sich zunächst das Protoplasma zu Primordialzellen individualisirt, deren Berührungssphären eine beide Zellwände verbindende Zone um den Cytoblasten bilden (Fig. 218), und dass in dieser Zone die entstandene Zellhaut zunächst in Gestalt einer äusserst feinen Linie auftritt (Fig. 217, Fig. 219), welche gleich vom Anfange an durch die ganze Zelle sich erstreckt und nicht etwa successive von der Wandung nach der Mitte schreitet. Eine leichte, später entstehende Einschnürung der Membran der Mutterzelle macht sich nicht selten bemerklich, auch scheint das Protoplasma häufig durch Vacuolenbidung in die centrale Zone gedrängt zu werden (Fig. 217 a., Fig. 219 a.). Auffallend ist es, dass ich beim Vorgange dieser Theilung stets nur einen Cytoblasten erblicken konnte, der einen Zelle fehlte er anfangs regelmässig (Fig. 217. 219) und schien erst viel später in ihr aufzutreten. Sehr häufig verästeln sich diese Haare schon im jugendlichen Zustande dadurch, dass die eine Zelle sich nach irgend einer Richtung ausbuchtet (Fig. 220) und dann theilt (Fig. 221), beide Aeste wachsen dann gewöhnlich gleichmässig fort und gerade diese verästelten Haare tragen sehr viel zu der dichten Verfilzung junger Blätter bei, da die Aeste sich vielfach mit denen benachbarter Haare durcheinander schlingen.

Zwischen diesen filzbildenden Haaren stehen zahlreiche, kürzere Köpfchenhaare, die man füglich Glandeln nennen kann. Sie bestehen aus 1—3 kurzen Stielzellen und darauf einem 2—4zelligen Köpfchen, welches entweder nur farblosen Zellsaft und Protoplasma führt (Fig. 229), oder aber dicht mit grossen Amylumkörnern erfüllt ist (Fig. 230) und dabei mächtige Cuticularablagerungen zeigt (Fig. 230 a.). Diese Glandeln entstehen aus einer Papille (Fig. 222), welche durch Theilung in der Art, wie ich sie bereits vielfach beschrieb, in zwei Zellen zerfällt (Fig. 223). Von diesen beiden Zellen beginnt die obere gewöhnlich gleich zum Köpfchen anzuschwellen (Fig. 224, Fig. 227) und sich immer mehr abzurunden (Fig. 226). Später theilt sich dieses Köpfchen meist der Länge (Fig. 228), sel-

tener der Breite nach (Fig. 225) und es entstehen in ihm nach und nach zahlreiche Amylumkörner (Fig. 230). Nur in wenigen Fällen theilt sich die obere Zelle (Fig. 223 a.) nochmals (Fig. 231), und es wächst erst dann die Endzelle zum Köpfchen aus.

Man sieht aus der Entwickelung aller dieser verschiedenen Haarformen von Digitalis purpurea, dass die Anfangsstadien derselben alle die gleichen sind, mag das primäre Zellchen sich später zur Glandel oder zum Köpfchenhaare oder zum spitz endenden entwickeln. Die Betrachtung der correspondirenden Figuren (Fig. 201. 212 und 222; ferner 203. 213. 223 etc.) zeigt dies auf das Deutlichste und man dürfte daher wohl mit Recht schliessen können, dass in diesen Stadien sich die Haare noch nicht so eigentlich individualisirt haben und zu einer beliebigen Form auswachsen können und dass es nur äussere oder innere Verhältnisse sind, welche ihnen in diesen Stadien die spätere Richtung verleihen und vorzeichnen.

Es verdient noch erwähnt zu werden, dass bei älteren Blättern sich der Filz verliert und langen conischen Haaren Platz macht und dass in allen erwähnten Stadien Plasmaströme die Zellen durchkreisen.

Kalilösung färbt die Zellen der Glandeln, der Köpfchen und der conischen Haare sämmtlich intensiv gelb, Benzol die Köpfchen grünlichgelb; Eisenchlorid lässt in den conischen Haaren wenig, in den Glandeln und Köpfchen dagegen viel eisengrünenden Gerbstoff erkennen. Kupfervitriol und Kalilösung nach einander angewendet, zeigen viel Zuckergehalt in den conischen Haaren, dagegen erscheinen die Köpfchen und Glandeln nur violett gefärbt (Protoplasma).

Meyen*) hat die Köpfchenhaare ihrer Contour nach erträglich abgebildet, Inhalt ist, wie bei den meisten seiner Haarabbildungen, keiner gezeichnet.

Digitalis lutea *L.*

(Fig. 258 — Fig. 267.)

Der Fruchtknoten der Pflanze ist wie bei Digitalis purpurea mit zahlreichen Köpfchenhaaren bedeckt. Sie bestehen meist aus

*) Secretionsorgane. Taf. II, Fig. 18—20.

3 Stielzellen, welche gegen die Basis des Haares zu immer dicker werden und zwar in Absätzen (wie Primula sinensis, Fig. 375) und einem darauf stehenden rundlichen, gewöhnlich 0,07 Mm. im Durchmesser haltenden Köpfchen, das an seinem obersten Ende einen Fortsatz zeigt, wie er auch bei den Haaren von Digitalis purpurea (Fig. 211) erwähnt wurde. Sowohl das Köpfchen als die zwei nächsten Stielzellen enthalten meist einen gelösten gelben Farbstoff, der dem ersteren niemals, den letzteren nur bisweilen fehlt (Fig. 258). Die Haare erreichen eine Länge bis 0,7 Mm. und an ihrer Basis einen Durchmesser von 0,07 Mm. und sind nach der Basis zu immer stärker verdickt; es beträgt dort der Durchmesser der Zellhaut nicht selten 0,005 Mm.

Die Entwickelung dieser Haare ist sehr lehrreich. Sie erscheinen zuerst als einfache Oberhautpapille, die bald zweizellig wird (Fig. 259). Die Endzelle streckt sich in die Länge, ihr Cytoblast wird central und sie hat sich in Kurzem in zwei Zellen getheilt, deren Cytoblasten an ihren oberen Zellwänden liegen (Fig. 260). Zarte Protoplasmaströme verlaufen von ihnen gegen die Wandungen. Später hat die Endzelle sich nochmals getheilt und damit das ganze Haar, dessen Basalzelle die älteste ist, in seiner Anlage vollendet. Die später zum Köpfchen werdende Endzelle desselben (Fig. 261 a.) führt anfangs nur Protoplasma, das in einem dichten Ballen den Grund derselben erfüllt. Im weiteren Verlaufe wächst sie kugelig aus und vom Cytoblasten, der seine Stellung im Plasmaballen des Grundes nicht verlässt, ziehen eine Reihe von einfachen Strömen durch die Zelle (Fig. 262). Zwischen den feinen Körnchen dieses den Cytoblasten umhüllenden Plasmahaufens treten nach und nach vereinzelte kleine, helle, successive grösser und zahlreicher werdende Körnchen auf (Fig. 263), die sich bei der Reaction als Amylumkörner manifestiren. So lange sie noch weniger zahlreich sind (Fig. 264), kreisen die Protoplasmaströme nach wie vor in dem Köpfchen; mit der Vergrösserung ihrer Anzahl zieht sich indess das Plasma nach und nach von der oberen Wandung zurück und umhüllt nur mehr den Cytoblasten (Fig. 265). Bald darauf tritt im Inhalte ein äusserst blasser, gelöster, gelber Farbstoff auf (Fig. 266), der successive intensiver wird. Gleichzeitig mit der oben beschriebenen Amylumbildung im Köpf-

chen hat sich an seinem oberen Ende ein Fortsatz erhoben (Fig. 264 bis Fig. 266). Vielleicht bildet er sich dadurch, dass eine Partie des in jungen Stadien an der oberen Hälfte des Köpfchens der Wand anliegenden Protoplasmas (Fig. 262, 263 c. c'.) durch Vacuolenbildung in demselben etwas von der Wand zurückgedrängt wird und dadurch einen Hohlraum bildet, der durch etwaige bald darauf erfolgende Erhärtung des Protoplasmas, die man sich immer weiter fortschreitend denken könnte, sich schliesslich als meniscusartiger Anhang des Köpfchens präsentiren wird (Fig. 264—Fig. 266). Diesen Fortsatz als Cuticula zu deuten, wie es bei den Haaren von Gaillardia aristata*) so augenscheinlich ist, geht hier wohl kaum an.

Die Bildung von Amylum und das Intensiverwerden des gelben, das Köpfchen erfüllenden Farbstoffes geht nun so lange fort, bis das Haar die in Fig. 258 dargestellten, d. i. seine vollständigen Dimensionen erhalten hat.

Noch verdient Erwähnung, dass die Köpfchenhaare von Digitalis lutea, wiewohl selten, als Zwillinge vorkommen (Fig. 267).

Durch Eisenchlorid kann man sowohl in dem Köpfchen als in den Stielzellen sehr viel eisengrünenden Gerbstoff nachweisen. Mit Kalilösung gekocht und hierauf mit Jodlösung behandelt, erscheinen die Köpfchen voll von einer violetten Materie (Amylum). Kalilösung färbt den Inhalt des Köpfchens und der Stielzellen intensiv schwefelgelb.

Köpfchen, deren Inhalt mehr oder weniger gelb gefärbt ist, sind die am häufigsten vorkommenden, häufiger noch als farblose. Ich fand sie unter Anderen bei vielen Aster-, Erigeron-, Origanum-, Thymus-, Lamium-, Verbena-, Heliotropium-, Cassia-, Stachys- und Eupatorium-Arten etc.

Ajuga pyramidalis *L.*

(Fig. 54 und Fig. 268—271.)

An den Blättern und Stengeln kommen nebst eigenthümlichen, kurzen, zweizelligen Haaren, deren Endzelle unter einem Winkel herabgebogen ist (Fig. 54), und langen, mit spiralig angeordneten Cuticularknoten besetzten Haarformen noch lange, an

*) Weiss, A., l. c. Taf. II, Fig. 25.

ihrem Ende ein einzelliges Köpfchen tragende Haare vor (Fig. 271), deren oberer Theil von einer kleinen (verkümmerten?) Zelle geschlossen wird.

Anfangs ist das Köpfchen dieser Haare, die sich genau so wie die ihnen ähnlichen von Digitalis lutea (Fig. 258) entwickeln, lediglich mit Protoplasma erfüllt (Fig. 268), später wird der Inhalt grobkörnig und gelblich (Fig. 269, Fig. 270). An der Spitze des Köpfchens hat sich dabei eine eigene kleine Zelle (Fig. 27) a.) gebildet, welche anfangs nur schwach (Fig. 269 a.), später sich immer stärker abhebt (Fig. 270, Fig. 271) und ebenfalls einen körnigen mattgelben Inhalt besitzt. Manchmal wird das Köpfchen durch eine senkrechte Membran auch zweizellig (Fig. 269).

In den übrigen Zellen des Haares zeigt sich, mit Ausnahme der kurzen, unmittelbar an das Köpfchen stossenden Zelle, schöne Protoplasmaströmung, die in älteren Haaren in ein äusserst verwickeltes Stromnetz übergeht. Die Cytoblasten des Köpfchens zeigen oft bis 7 Nucleoli (Fig. 271).

Schrank*) hat diese Haare bereits abgebildet und Eble**) gab eine Figur der Haare am Stengel von Ajuga reptans. Soweit seine sehr mittelmässige Abbildung errathen lässt, sind es indess keine „Zwischenwand"-, sondern Köpfchenhaare.

Pulmonaria mollis *L.*

(Fig. 245 — Fig. 254.)

Am Stengel der Pflanze finden sich vorwiegend zweierlei Haare. Zunächst einzellige, spitz endende Haare,***) welche sehr robust sind, unten zu einem Bulbus angeschwollen erscheinen (Fig. 248) und auf einem grossen Zellhügel stehen. Sie werden bis 0,64 Mm. lang und gleichen den Haaren der meisten Borragineen, führen reichlich Protoplasma und der Inhalt derselben wird durch Kalilösung intensiv schwefelgelb gefärbt. — Sie zeigen sich zuerst als Papille über der Oberhaut (Fig. 245), deren Cytoblast

*) Nebengefässe. Taf. II, Fig. 14.

**) Lehre von den Haaren. Taf. I, Fig. 12 a.

***) Es ist begreiflich, dass ich, um eine und dieselbe Pflanze nicht getrennt behandeln zu müssen, gezwungen bin, auch hier häufig von nicht Köpfchen tragenden Haaren, welche also in die frühere Abtheilung gehören, zu sprechen.

an ihrem Grunde ruht. Beim Fortwachsen zieht sich das Protoplasma mehr in die Höhe und bildet da mit dem ebenfalls hinaufrückenden Cytoblasten eine mehr oder weniger breite Zone (Fig. 247 a.), in deren Mitte man häufig den Cytoblasten liegen sieht (Fig. 246 a.). Diese Gruppirung des Protoplasmas liesse bei a das Entstehen einer Membran vermuthen, doch kommt es nur sehr selten zur Zelltheilung, sondern die einzelne Zelle, aus welcher das ganze Haar fast ausnahmslos besteht, wächst eben nur zu ihrer normalen Länge aus. Im erwachsenen Zustande des Haares ist der Cytoblast gewöhnlich wieder an die Basis des Bulbus gerückt (Fig. 248) und bildet den Knotenpunkt zahlreicher kräftiger Protoplasmaströme, die indess auch in jungen Stadien sich bereits bemerkbar machen (Fig. 247).

Nebst diesen Haaren kommen zahlreiche, sehr lange Köpfchenhaare vor. Sie bestehen gewöhnlich aus 4—5 Stielzellen, sind 1—2 Mm. lang, an ihrer Basis 0,08 Mm., unter dem Köpfchen 0,013 Mm. breit. Das Köpfchen selbst ist einzellig, 0,083—0,10 Mm. lang, 0,05—0,09 Mm. breit und enthält einen körnigen Inhalt, der gewöhnlich nahezu farblos, seltener röthlich ist (Fig. 251) und sich im Alter gelbbraun färbt. Nicht selten tragen die Stielzellen ein Köpfchen, dessen Inhalt sich ganz wie ein grosser Oeltropfen ausnimmt (Fig. 252). Er wird da durch Jodlösung nicht gefärbt.

Die gewöhnlichen Köpfchen lassen meist einen centralen Cytoblasten erkennen (Fig. 250, Fig. 251), Kalilösung färbt ihren Inhalt intensiv schwefelgelb, dann goldgelb. Mit Jodlösung behandelt, färben sie sich intensiv braunroth, nahezu schwarz (Fig. 254), die Stielzellen gelb; Eisenchlorid lässt in ihnen viel eisengrünenden Gerbstoff erkennen, desgleichen im Inhalte der Stielzellen. Schwefelsäure contrahirt sie und färbt sie mattgelb, Benzol lässt sie ungeändert. Mit Kupfervitriollösung behandelt und dann in Kalilösung gelegt, färben sich die Köpfchen tief goldgelb, nach dem Erwärmen im Reagens erscheinen sie sämmtlich schön violett und in den Stielzellen zeigt sich dabei ein reicher Gehalt an Zucker.

An der Unterseite der Kelchblätter stehen ebenfalls zahlreiche; sehr robuste, einzellige, spitz endende Haare, oft erfüllt mit einem violetten Zellsafte. Im Alter werden sie von einer Füllmasse sehr häufig bis gegen ihre Basis zu erfüllt, welche von Jod-

lösung kaum merklich gelb gefärbt, von Ammoniak aber ungeändert gelassen wird. Zwischen diesen Haaren stehen zierliche Köpfchenhaare. Ihr Stiel besteht aus 3—5 Zellen, sie werden bis 0,95 Mm. lang und an ihrer Basis bei 0,07 Mm. breit. Die Dimensionen ihrer Köpfchen sind denen an den Stengelhaaren gleich. Der Inhalt derselben ist anfangs farblos (Fig. 249) und so gut wie nicht gekörnt, der grosse Cytoblast meist central. Während sich das Köpfchen streckt, erscheint im Inhalte ein blauer, zuerst äusserst matter Farbstoff, der später tief blauviolett wird (Fig. 250) und an der Luft sich ockergelb färbt, in Berührung mit Kalilösung aber grün — gelbgrün — gelb wird. Der Inhalt der Stielzellen färbt sich sowohl mit Ammoniak als mit Kalilösung gelb. Jodlösung färbt die Köpfchen gelb — gelbbraun — braunroth bis zu einer solchen Intensität, dass sie nahezu schwarz erscheinen. Ammoniak färbt den Inhalt ganz junger Stadien noch gar nicht, etwas ältere schwefelgelb, die ausgebildeten Köpfchen ockergelb. — Der violette Inhalt dieser Köpfchen dürfte wohl als violett gefärbtes Protoplasma aufzufassen sein.

Salvia gesnerifolia *Hort.*

(Fig. 282 — Fig. 288.)

Die Köpfchenhaare an der Unterseite der Blumenblätter sind 6—7zellig, die Zellen mit einem gelösten rosa Farbstoffe erfüllt, ihr Köpfchen ist birnförmig und zeigt zahlreiche Cuticularknoten (Fig. 285). Die Gesammtlänge dieser Haare beträgt 0,07—1,0—1,7 Mm. und mehr, die Breite an ihrer Basis 0,03—0,06—0,08 Mm. Die Cuticula ist meist nur in der Köpfchenzelle entwickelt, selten reichen ihre Knöpfchen noch bis zu der nächstfolgenden Zelle herab. Die Entwickelung geht von den Basiszellen aus.

Der Farbstoff wird durch Aether mit violetter Farbe extrahirt, Kalilösung färbt ihn carmin — dunkelviolett — gelb. Durch die Behandlung mit Jodlösung bleicht er sich ein wenig und wird schön hellviolett und körnig.

Im jugendlichen Zustande ist Stiel und Köpfchen mit farblosem Zellsafte erfüllt; der rothe Farbstoff erscheint zuerst im Stiele in Gestalt von Flocken (Fig. 282 a.), während das Köpfchen noch farblos ist. Bald wird jedoch der Inhalt desselben blass röthlichgelb gefärbt

(Fig. 283) und diese Färbung geht im ferneren Verlaufe des Wachsthums in carminroth über (Fig. 285). In jungen Stadien wird das Köpfchen durch Jodlösung intensiv gelb bis bräunlichgelb gefärbt, ebenso die erste Stielzelle (Fig. 282 a.). Das Auftreten des Farbstoffes lässt sich zuerst durch Ammoniak nachweisen, da er bei seiner geringen Intensität sich lange Zeit der directen Beobachtung entzieht. Ganz junge Stadien, wo das Haar erst aus etwa 2 Zellen besteht, werden durch Ammoniak oder Kalilösung stets einfach gelb gefärbt.

Am Kelche enthalten die Stielzellen der dort längeren und robusteren Haare wohl auch den gelösten rosa Farbstoff, doch erscheint das runde Köpfchen frei davon und von einer granulösen, gelbbraunen Materie erfüllt (Fig. 286). Ueberdies sind hier sämmtliche Stielzellen mit Cuticularknoten besetzt. Die Haare stehen durch das Umschliessen der Epidermiszellen auf einem kleinen Hügel.

Auch am Griffel kommen die gleichen Haare vor und sind da mit starker Cuticula bekleidet.

Die ganze Blumenblattfläche ist überdies mit kurzen, glandelartigen Köpfchenhaaren besetzt (Fig. 284), deren (2) Stielzellen einen gelösten rosa Farbstoff führen, während die Köpfchen wie bei den Kelchhaaren mit einer gelbbraunen Masse erfüllt sind. Ueberdies sind einzellige Haare (Fig. 287), auch zwei- und dreizellige ohne Köpfchen nicht selten und an den Filamenten treten zahlreiche vierzellige Glandeln auf (Fig. 288), dicht erfüllt mit einer körnigen, leicht hervorquellenden Materie, deren farblose grössere Körnchen in der heftigsten Molecularbewegung sich befinden.

Salvia glutinosa *L.*

Die Blüthenstiele der Pflanze sind ausserordentlich klebrig, durch eine von zahllosen Köpfchenhaaren ausgeschiedene Materie, welche nicht selten 2—3 Köpfchen verschiedener Haare zusammenhält. Der Stiel dieser Haare ist 2—10 zellig, ihre Länge ausserordentlich verschieden und variirt zwischen 0,09—1,14 Mm. und mehr, der Durchmesser des rundlichen Köpfchens zwischen 0,016 und 0,042 Mm. Dasselbe ist einzellig und erfüllt von einer grumösen, mattgelb gefärbten Materie, und fast immer eingehüllt von einem

grossen Tropfen einer klebrigen Substanz, welche häufig auch den Stiel bedeckt. Die Haare ähneln im Habitus sehr denen von Pelargonium papillosum (Fig. 344).

Nach Guettard*) haben die Salvia-Arten einfache mehrzellige Haare und becherförmige Köpfchenhaare; diese letzteren besonders an den Theilen, welche die Blüthe tragen. Sie sind grünlich, milchweiss (?), schwefelgelb, selten röthlich gefärbt. Meyen**) giebt eine schlechte Abbildung dieser Haare, nicht viel besser ist eine andere***) von Salvia officinalis.

Salvia variegata *W.* et *R.*

(Fig. 372.)

An den Kelchblättern stehen zwischen mehrzelligen conischen Haaren auch zahlreiche Köpfchenhaare. Sie werden meist gebildet durch 4 successive gegen das Köpfchen zu immer kleiner werdende Stielzellen, welche ein einzelliges, mässig grosses Köpfchen tragen. Die Haare werden bis 0,3 Mm. lang und an ihrer Basis bis 0,04—0,05 Mm. breit; die Länge des Köpfchens beträgt bis 0,052 Mm., seine Breite bei 0,05 Mm., der Inhalt desselben besteht aus einer körnigen, gelblich gefärbten Materie. Die oberste Stielzelle enthält sehr häufig einen krümlichen, tief violetten Farbstoff, sie ist die am wenigsten verdickte, die unteren Zellen sind immer mehr und mehr verdickt, am stärksten die Basalzelle (Fig. 372), welche demnach wohl die älteste sein dürfte. Das Köpfchen enthält kein Amylum und nur sehr wenig eisengrünenden Gerbstoff, es wird von Kalilösung intensiv gelborange gefärbt.

An den Blumenblättern stehen ähnliche Köpfchenhaare. Ihre Länge beträgt auch hier bei 0,3 Mm., ihre Breite an der Basis 0,06 Mm., doch sind die Stielzellen zunächst nur schwach verdickt und enthalten einen tief violetten, gelösten Farbstoff. Der Inhalt des Köpfchens dagegen ist bei ihnen intensiv ockergelb gefärbt (Fig. 372). Durch Kalilösung wird der violette Farbstoff grün — grüngelb — gelb gefärbt, nach längerer Einwirkung des Reagens werden die Stielzellen ganz blassgelb, das Köpfchen bleibt aber orange.

---

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750. p. 180.

**) Secretionsorgane. Taf. VII, Fig. 21—26.

***) Secretionsorgane. Taf. II, Fig. 28 und 29.

Geranium sylvaticum *L.*

(Fig. 308.)

Die Haare der Blüthenstiele bestehen zumeist aus 3 Zellen, welche nach unten successive stärker verdickt sind und deren Basalzelle zugleich weitaus die grössten Dimensionen hat. Diese 3 Stielzellen tragen ein Köpfchen, welches 0,04—0,08 Mm. lang und 0,03 bis 0,05 Mm. breit wird und intensiv rosa gefärbt erscheint (Fig. 308). Die Länge des ganzen Haares erreicht häufig 1 Mm., an der Basis ist es gewöhnlich 0,05—0,07 Mm., in der Mitte 0,01—0,03 Mm. breit und der Durchmesser der Zellhaut erreicht an der Basiszelle nicht selten 0,004 Mm.

Im jugendlichen Zustande ist das Köpfchen farblos und zeigt im Innern zahlreiche Vacuolen, die auch im erwachsenen Köpfchen noch häufig vorhanden sind. Die Spitze desselben trägt, wie bei Digitalis lutea (Fig. 258) u. A., einen kurzen Fortsatz, in den Stielzellen ist neben grossen, schönen Cytoblasten reichlich Protoplasma vorhanden. Das erwachsene Köpfchen ist rosenroth gefärbt.

Mit Kalilösung behandelt wird der Inhalt der Stielzellen intensiv gelb, das Köpfchen tief blaugrün gefärbt. Eisenchlorid lässt in ersteren sehr viel eisengrünenden, in letzteren grosse Mengen eisenbläuenden Gerbstoffes erkennen. Mit Schwefelsäure in Berührung gebracht, entfärbt sich das Köpfchen, dagegen tritt der rothe Farbstoff in den Stielzellen hervor, zum Beweise, dass er auch in geringen Mengen im Inhalte derselben vorhanden ist. Durch Kupfervitriollösung und nachheriges Kochen mit Kalilösung ist in den Stielzellen, besonders in der langen Basalzelle, viel Zucker nachweisbar, der auch in beträchtlichen Mengen die Gewebe, worauf das Haar steht, erfüllt. Im Köpfchen ist er nur im jugendlichen Zustande desselben, bevor noch Farbstoff in ihm auftritt, vorhanden, dagegen weist die intensiv violette Färbung an der Wand und um den Cytoblasten auf Stickstoff hin. Legt man die Haare in Aether, so vertheilt sich der Farbstoff des Köpfchens sogleich in die Stielzellen (diffundirt) und man sieht dann in jedem Köpfchen die stark rosa gefärbten Cytoblasten meist am Grunde desselben liegen, an der Wandung Protoplasma, doch sind die Vacuolen verschwunden. Setzt man nun Jodlösung hinzu, so färben sich

die durch Einwirkung des Aethers bereits farblos gewordenen Köpfchen gelb, die noch röthlichen aber schmutzig braungelb, die Cytoblasten rothbraun.

Guettard*) vindicirt den Geranium-Arten conische, oft nach rückwärts gekrümmte Haare und becherförmige, secernirende Köpfchenhaare. Sehr selten kämen auch keulenförmige Haare vor.

Mit rothem Farbstoffe erfüllte Köpfchen kommen sehr häufig vor, kaum weniger häufig als die mehr oder weniger gelb erscheinenden, deren ich bereits gedachte. Ich fand sie bei vielen Geranium- (Fig. 417), Lactuca- (Fig. 408), Helianthemum-, Amygdalus-, Xanthium-, Potentilla-, Stachys-, Dracocephalum-, Lantana-, Heuchera-, Rhus-, Lonicera-Arten etc. Häufig ist der Farbstoff ungelöst in den Köpfchenzellen (Fig. 417).

Geranium phaeum *L.*

(Fig. 409 — Fig. 417.)

An den Blättern und jungen Blüthenstielen stehen zahlreiche, ausserordentlich schöne Köpfchenhaare. Sie bestehen meist aus 3—4 Stielzellen mit gelöstem rothen Inhalte, auch wohl rothen Farbstoffkugeln (Fig. 417) und darauf einem einzelligen, runden, mit zahlreichen, dunkelcarminroth gefärbten Farbstoffkugeln erfüllten Köpfchen (Fig. 417). Die Länge der Haare beträgt 0,128 Mm., der Durchmesser der Köpfchen fast constant 0,04 Mm. Häufig erscheint das Köpfchen nicht rosa, sondern erfüllt mit einer gelblichen grumösen Materie (Fig. 416) und trägt wohl auch an seiner Spitze eine kleine (verkümmerte?) Anhangszelle, wie sie die Köpfchen von Ajuga pyramidalis (Fig. 271), Digitalis purpurea (Fig. 211) u. A. besitzen.

Mit Kalilösung behandelt, werden die rosa Köpfchen grün — gelbgrün gefärbt, die anderen (Fig. 416) gelb und die groben Körner verschwinden aus ihrem Inhalte, es tritt dagegen die Anhangszelle sehr kräftig hervor. Die Stielzellen färben sich ebenfalls gelb und zwar desto intensiver, je näher sie dem Köpfchen stehen. Jodlösung färbt die Köpfchen gelb, nach vorhergegangener Behandlung mit Kalilösung erkennt man das Amylum in Köpfchen

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1749. p. 362.

und Stielzellen. Mit Eisenchlorid behandelt, zeigt sich im Köpfchen ausserordentlich viel eisenbläuender Gerbstoff, in den Stielzellen sehr wenig. Das Köpfchen wird nach längerer Einwirkung ganz schwarz. Kupfervitriollösung und hierauf Erwärmen in Kalilösung giebt keine Zuckerreaction.

Das Haar entsteht aus einer Epidermiszelle (Fig. 409), die in der oft beschriebenen Weise durch Theilung in 2 zerfällt (Fig. 410). Die obere Zelle bildet sich sodann gleich zum Köpfchen aus, indem sie sich abrundet, und aus der unteren bilden sich durch wiederholte Theilungen die Stielzellen (Fig. 411). Das Haar wächst demnach an seinem Grunde und das Köpfchen bildet sich früher als die letzten Stielzellen, ein Fall, der nicht gar häufig vorkommt und den ich noch bei Primula sinensis (Fig. 374—381 und Fig. 391—397) in allem Detail verfolgen konnte. Anfangs erscheint das Köpfchen nur von farblosem Zellsafte gefüllt, die ganze Wandung dicht mit einer Plasmaschicht überzogen (Fig. 411). Später färbt sich der plasmafreie Inhalt rosa (Fig. 412), manchmal zwei gleichsam selbstständige Inhaltsportionen bildend (Fig. 413) und die Färbung nimmt rasch an Intensität zu (Fig. 413). Hierauf erscheinen einzelne, blassrosa gefärbte Kugeln im plasmafreien Inhalt (Fig. 415), die sich nach und nach intensiver färben und zahlreicher werden (Fig. 414) und endlich im ausgewachsenen Köpfchen dunkel carminroth bleiben (Fig. 417).

Von den an der Pflanze vorkommenden einfachen, nicht Köpfchen tragenden Haaren habe ich bereits (S. 558) gesprochen (Fig. 183).

Geum virginicum *L.*

Die Blüthenstiele der meisten Geum-Arten tragen Köpfchenhaare, die mehr oder weniger ähnlich gebaut sind. Beim Geum virginicum bestehen sie aus 3 langen, nach der Basis zu immer mehr verdickten Stielzellen, welche ein kleines, einzelliges, elliptisches, mit rosenrother körniger Materie erfülltes Köpfchen tragen. Die Haare ähneln, besonders was ihre Stielzellen betrifft, ganz ausserordentlich den Köpfchenhaaren von Geranium sylvaticum (Fig. 308). Nur ihre, die anderen Stielzellen an Länge meist um das Dreifache überragende Basalzelle ist gewöhnlich mit Cuticularstreifen besetzt, die übrigen sind davon frei. Die Totallänge der Haare beträgt 0,72—

1,14—1,8—1,9 Mm., ihre Breite an der Basis 0,05—0,06 Mm., die Länge des Köpfchens 0,064 Mm., die Breite desselben 0,038—0,05 Mm.

Mit Kalilösung behandelt färbt sich der Köpfcheninhalt dunkelgrün, später hochgelb, die Stielzellen intensiv schwefelgelb.. Jodlösung für sich färbt die Köpfchen gelb, nach vorhergehender Behandlung mit Kalilösung ist viel Amylum im Köpfchen ersichtlich, bei den Stielzellen nur in den obersten. Eisenchlorid zeigt sehr viel eisenbläuenden Gerbstoff im Köpfchen; in den Stielzellen viel eisengrünenden und Spuren von eisenbläuendem.

Der Verfolg der Entwickelungsgeschichte dieser Haare zeigt, dass durch Theilung der ursprünglichen Oberhautzelle sich zuerst die 3 Stielzellen bilden; erst wenn sie vollständig angelegt sind, schwillt die oberste Zelle zu einem Köpfchen an. Anfänglich enthalten Köpfchen und Stielzellen nur Protoplasma, später treten grosse Amylumkörner im Köpfchen auf und der Cytoblast desselben wird central, auch erscheint eine gelbliche, feinkörnige Materie im Inhalte. Erst spät färbt er sich rosenroth.

An der Basis der Blumenblätter sitzen bis 0,7 Mm. lange, einzellige, reichlich Protoplasma führende Haarbüschel; die Blattstiele sind mit starken conischen Haaren besetzt.

Bei erwachsenen Köpfchen sind die Cytoblasten sehr gross und es lässt sich durch Eisenchlorid eine beträchtliche Menge von eisengrünendem Gerbstoff in ihrem Inhalte nachweisen.

Guettard*) giebt für Geum-Arten einfache mehrzellige und becherförmige Köpfchenhaare an.

Pelargonium papillosum *Hort.*

(Fig. 342 — Fig. 347.)

Neben mehrzelligen, 1,13—1,51 Mm. langen conischen Haaren, welche mit Cuticularknoten bedeckt sind, stellenweise Oeltropfen führen und auf einem Zellhügel sitzen, dessen Zellen reichlich Gerbstoff enthalten, kommen an den Blättern der Pflanze noch zahlreiche Köpfchenhaare vor (Fig. 344). Sie bestehen gewöhnlich aus

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1747. p. 609.

3 Stielzellen, deren unterste, unten angeschwollen, sehr gestreckt ist und viel Gerbstoff enthält, deren 2 obere aber (Fig. 344 c. d.) nur ganz schmal bleiben. Die dem Köpfchen nächste enthält eine gelbbraune körnige Substanz (Fig. 344 c.), das Köpfchen selbst ist einzellig und ebenfalls mit einer gelbbraunen Materie erfüllt.

Im jugendlichen Zustande ist das Köpfchen farblos (Fig. 346), später körnt sich der Inhalt gröber und wird mattgelb (Fig. 345), bis es endlich im ausgebildeten Zustande gelbbraun geworden ist. Mit Jodlösung behandelt, färbt sich das ganz junge Köpfchen (Fig. 346) nur lichtgelb, in späteren Stadien (Fig. 345) intensiv gelb und das fertige Köpfchen (Fig. 344) ganz dunkelgelb. Kalilösung färbt den Inhalt in allen Stadien gelb, und Eisenchlorid lässt ebenfalls in allen Stadien Gerbstoff erkennen.

Nicht selten erscheint das Köpfchen halbmondförmig von einer stark lichtbrechenden Substanz eingeschlossen (Fig. 343 a.). Verdünnte Schwefelsäure bringt keine Wirkung auf dieselbe hervor, concentrirt angewendet, dehnt sich diese Secretionsmasse (Fig. 343 a.) beträchtlich aus und zerspringt in eine Anzahl von Theilstücken, die sich sogleich zu Kugeln formiren. Mit Salpetersäure behandelt bleibt sie ungeändert, desgleichen bei der Behandlung mit Kalilösung oder Essigsäure. Der Inhalt des fertigen Köpfchens (Fig. 343 b., Fig. 344) wird von verdünnter Schwefelsäure nur wenig angegriffen, das concentrirte Reagens färbt ihn zuerst rosenroth (körnig), dann gelb. Benzol ändert ihn nicht; mit Salpetersäure behandelt, färbt sich der Inhalt des Köpfchens rosa (körnig), sodann gelb, desgleichen der Inhalt der Stielzellen, insbesondere das aufgetriebene Ende der Basalzelle. Mit Kalilösung in Berührung gebracht, wird das Köpfchen sogleich intensiv gelb gefärbt, die nächste Zelle (Fig. 344 c.) hochgelb, die weitere (Fig. 344 d.) schon blässer und die Basalzelle oft gar nicht mehr. Durch Essigsäure wird das Köpfchen körnig blassgelb, durch Kalilösung, Essigsäure und Jodlösung giebt sich der reiche Plasma- (Protein-) Gehalt in allen Haarzellen zu erkennen. Durch Kupfervitriollösung und nachheriges Erwärmen in Kalilösung werden die Zellen violett und es zeigt sich in allen ein reicher Zuckergehalt.

Die Glandeln der Pflanze (Fig. 342) bestehen aus einer Stiel-

zelle und einem einzelligen mit gelbbrauner Materie erfüllten Köpfchen. Die Reaction zeigt dieselbe als identisch mit der in den Köpfchen der langen Haare (Fig. 343 b.) auftretenden.

Pelargonium sp. *Hort.*

(Fig. 367.)

An jungen Blüthenstielen vieler cultivirten Pelargonium-Arten finden sich dünnstielige Köpfchenhaare vor. Sie bestehen gewöhnlich aus 3 Stielzellen, sind an ihrer Basis selten über 0,02 Mm. breit und tragen ein unverhältnissmässig grosses, 0,05 Mm. langes und 0,04 Mm. breites Köpfchen, welches mit zahlreichen, oft sehr grossen Vacuolen erfüllt ist (Fig. 367). Die Totallänge dieser Haare beträgt 0,18—0,22 Mm.

Mit Kalilösung behandelt verschwinden die Vacuolen, das Köpfchen wird gleichmässig schwefelgelb gefärbt. Jodlösung nach sorgfältigem Auswaschen hinzugefügt, zeigt viel Amylum in dem Köpfchen und den Stielzellen. Eisenchlorid lässt sehr viel eisenbläuenden Gerbstoff in den Stielzellen erkennen, viel weniger aber in dem Köpfchen.

Datura arborea *Hort.*

An der Blattunterseite stehen zahlreiche Köpfchenhaare. Sie bestehen aus 4—5 Stielzellen, welche ein längliches einzelliges Köpfchen tragen. Im Inhalte der Stielzellen, deren unterste zugleich die längste ist, finden sich zahlreiche kleine Chlorophyllkörner, welche meist in Klumpen um die Cytoblasten gelagert sind. Im Köpfchen zeigen sich zahlreiche und grosse Vacuolen und zerstreute Chlorophyllkörner. Es ähneln diese Haare im Habitus sehr denen bei einem Pelargonium beschriebenen (Fig. 367); sie werden 0,3—0,38—0,5—0,7 Mm. lang und an ihrer Basis 0,03—0,05—0,096 Mm. breit. Das Köpfchen erreicht eine Länge von 0,04—0,05 Mm., seine Breite ist indess fast constant 0,03 Mm.

An den Blattrippen stehen ganz gleich gebaute Haare, nur ist ihr Köpfchen, welches ebenfalls Chlorophyllkörner enthält, grösser und wird 0,06—0,08 Mm. lang. Die Haarlänge steigt selten über 0,7 Mm., ihre Breite an der Basis hält sich zwischen 0,05—

0,054 Mm. Nebst diesen Haaren kommen Glandeln mit vielzelligen Köpfchen vor.

Die Blattoberseite trägt cylindrische, mehrzellige (meist 5—6zellige) gewöhnliche Haare, welche schwach verdickt sind und an ihren oberen Zellen Cuticularknoten tragen. In ihrem an Protoplasma reichen Inhalte kommen Chlorophyllkörner vor. Sie werden 0,7—1,55 Mm. lang und an ihrer Basis 0,09—0,14 Mm. breit. Zwischen ihnen treten Köpfchenhaare auf, im Baue denen an den Blattflächen gleich, nur beträchtlich grösser. Sie haben nicht selten 7—8 Stielzellen und werden bis 1,2 Mm. lang.

Die Entwickelung aller dieser Haarformen erfolgt in der Weise, wie bei Pflanzen, welche ähnliche tragen, bereits erwähnt wurde.

Primula sinensis *Lour.*

(Fig. 374—Fig. 381 und Fig. 391—Fig. 397.)

An Blattstielen und Blattrippen der Pflanze stehen zahlreiche köpfchentragende Haare. Sie bestehen fast ausnahmslos aus einer sehr grossen und langen Stielzelle (Fig. 374 a.), auf welche eine sehr schmale kurze folgt (Fig. 374 b.), während auch an der Basis sich manchmal noch eine kurze breite Zelle (Fig. 374 c.) anreiht. Diese Zellen machen an ihren Verbindungsstellen Absätze, so dass die Contour des Haares keine stetige ist. Das Ganze trägt ein rundes, einzelliges, 0,02—0,03—0,035 Mm. Durchmesser haltendes Köpfchen, dessen Inhalt Protoplasma und häufig ein gelöster rosa Farbstoff ausmacht (Fig. 381), seltener ist es grobkörnig, gelblich (Fig. 380) bis grünlich. Häufig wird dasselbe ganz oder zum Theile von einer gelbgrünen bis grünen Materie bedeckt und eingehüllt (Fig. 381). Das Köpfchen collabirt im Alter (Fig. 376), die Membran fällt dabei in mannigfache Falten zusammen, bei langen, vielzelligen dergleichen Haaren, wie sie die Blumenblätter tragen, sterben wohl auch die obersten Zellen ab und das Haar erscheint geknickt. Die Stielzellen führen neben Protoplasma und Cytoblasten zerstreute Chlorophyllkörner (Fig. 374).

An den Blüthenstielen besteht der Stiel dieser Haare aus 5—7 Zellen, das Köpfchen ist gewöhnlich gestreckter und die Chlorophyllkörner in den Zellen weitaus zahlreicher (Fig. 375). Die Haare erreichen da eine Länge von 1,14 Mm. und mehr und werden an

ihrer Basis bis 0,13 Mm. breit, das Köpfchen selten über 0,03 Mm. lang. Am Blattstiele und den Blattrippen sind die Haare 0,096—0,2—0,34 Mm. lang, an ihrer Basis 0,02—0,03—0,064 Mm. breit; die kleine oberste Stielzelle 0,016—0,022 Mm. im Durchmesser.

Die Chlorophyllkörner im Inhalte der Haarzellen haben im Allgemeinen nur dünnes Pigment, in grösseren Haaren sind sie zusammengesetzt, wie ich sie u. A. bei Solanum nigrum abgebildet habe.*)

Jodlösung färbt die Köpfchen goldgelb bis braungelb; Kalilösung hochgelb, weniger die Stielzellen. Eisenchlorid lässt nur wenig eisengrünenden Gerbstoff in ihnen erkennen.

Auch die Unterseite der Blumenblätter ist mit diesen Haaren besetzt.

Verfolgt man die Entwickelung dieser Haarformen, so sieht man sie zuerst als Papille erscheinen (Fig. 377), welche rasch weiter wächst (Fig. 378). Bald sind in ihr 2 Cytoblasten vorhanden und das Protoplasma beginnt sich mitten in einer Zone (gebildet durch die Berührung zweier Primordialzellen) zu sammeln, in welcher später eine Membran entsteht, welche das junge Haar zweizellig macht (Fig. 379). Diese zwei Zellen wachsen eine Zeit lang weiter (Fig. 391), die obere fängt hierauf an köpfchenartig anzuschwellen (Fig. 392) und das Protoplasma mit dem basisständigen Cytoblasten rückt allmälig gegen die Mitte (Fig. 393), während es sich zugleich zu Primordialzellen sammelt (Fig. 394). Um diese entsteht bald darauf eine Membran (Fig. 395) und die neu gebildete Tochterzelle ist damit fertig (Fig. 396 a.). Es ist dies die kleine Stielzelle (Fig. 374 b.), welche demnach ihrer Entstehung nach dem Köpfchen angehört, wie dies auch bei Scrophularia nodosa (Fig. 355 a.), Pentstemon-Arten (Fig. 324) etc., kurz überall dort der Fall ist, wo die unmittelbar auf das Köpfchen folgende, meist kleine, scheinbar dem Stiele entsprungene Zelle den gleichen Inhalt wie das Köpfchen hat. Bei den an den Blattstielen und Blattrippen sitzenden Haaren ist damit das Haar vollendet, bei den längeren Haaren (z. B. der Kelchblätter etc.) wird die oberste, durch Theilung der Köpfchen-

*) Weiss, A., Sitzungsber. der kais. Acad 1866. Bd. 54, Taf. III, Fig. 44 l.

zelle gebildete Tochterzelle zur zweiten Stielzelle (Fig. 397 b.) und die Theilung der obersten (Köpfchen-) Zelle (Fig. 397 a.) geht so lange fort, bis alle Stielzellen angelegt sind. Das Haar wächst demnach nur an seiner Spitze weiter und man kann eigentlich sagen, so sonderbar es auch erscheint, dass mit Ausnahme der untersten Stielzelle alle übrigen Zellen ihrer Bildung nach dem Köpfchen angehören, welches also früher als die Stielzellen gebildet wird, wie ich dies auch bei Geranium-Arten (Fig. 409 ff.) beobachtet habe. Bei Primula sinensis fand ich indess nicht selten, dass durch Theilung der obersten Zelle, ohne dass sie kolbenförmig anschwoll, ohne dass sie demnach sich als Köpfchen manifestirte, sich die 2—5 Stielzellen bildeten und dass erst dann die oberste Zelle zum Köpfchen ward.

Meyen*) bildet die erwähnten Köpfchenhaare ihrem Habitus nach ziemlich treu ab. Nach ihm entwickelt sich das Köpfchen aus der letzten Haarzelle, welche anschwillt und nun als eigenthümliches Secretionsorgan erscheint, welches sich bald mit einer Flüssigkeit füllt, die mit einem ätherischen Oele grosse Aehnlichkeit hat und dieser Pflanze, auch wenn man sie mit dem Finger leicht berührt, etwas Wohlgeruch mittheilt. Das Köpfchen erlangt eine besondere Grösse, plattet sich zuerst ab, wird zuletzt mehr becherförmig und platzt endlich an der Spitze auf, worauf eine ätherisch-ölige Flüssigkeit von bedeutender Consistenz ausfliesst und eine Zeit hindurch auch noch später secernirt wird. Dieser geöffnete Becher wird immer grösser, an seinen Seitenwänden zeigen sich der Länge nach herablaufende Streifen und die grünen Zellsaftkügelchen (Chlorophyll), welche früher die einfache Zelle füllten, liegen auf dem Boden des Bechers. Diesen Vorgang hat Meyen ein einziges Mal beobachtet, im heissen Sommer 1834, sonst blieben die Drüsen immer geschlossen und schwitzten die ätherische Flüssigkeit durch ihre Zellwände aus.

Das von Meyen beschriebene Oeffnen des Bechers habe ich nie beobachtet, glaube indess nach seinen Abbildungen kaum zu irren, wenn ich seine Wahrnehmungen auf das von mir beschriebene Collabiren und Absterben des alternden Köpfchens (Fig. 376) zu-

*) Secretionsorgane. S. 27, Taf. I, Fig. 6—14.

rückführe. Desgleichen sah ich nie Chlorophyll im Köpfchen sich bilden und es dürfte Meyen wohl die von mir beschriebene grüngelbe Umkleidungs- (Secretions-) Masse vieler Köpfchen (Fig. 381) für Chlorophyllkörner angesehen haben. Die von Meyen beobachteten Längsstreifen sind nichts anders als Membranfalten (Fig. 376) des collabirenden Köpfchens. Bei anderen Köpfchenhaaren, wo Meyen ebenfalls Längsstreifen angiebt, z. B. bei Antirrhinum majus, Scrophularia nodosa etc., sind es hingegen die Wandungen von Zellen, welche Meyen als solche nicht unterschied.

Kützing's*) Abbildung dieser Haare ist unvollkommen. Die Warzen der Cuticula hält er für Löcher der Membran, auch schreibt er der letzteren sich kreuzende Spiralfäden zu.

Calceolaria violacea *Hort.*

(Fig. 386 a.)

An der Blattunterseite stehen Köpfchenhaare, welche dem Habitus nach ganz denen von Primula sinensis (Fig. 374, Fig. 375) gleichen. Auch sie bestehen meist aus 3 Stielzellen, deren oberste sehr schmal und kurz, deren unterste aber unverhältnissmässig lang und breit ist, zugleich auch die stärkste Membranverdickung von allen hat. Die Stielzellen sind mit Protoplasma erfüllt und tragen ein einzelliges, rundes, 0,02 Mm. im Durchmesser haltendes und mit einer gelben Materie erfülltes Köpfchen. Wenn dasselbe zweizellig ist, so divergiren die beiden Köpfchenzellen oben mehr oder weniger von einander, wie dies auch die Köpfchenhaare der Lysimachia vulgaris zeigen. Die Haare werden 0,2—0,3 Mm. lang und an ihrer Basis 0,04—0,05—0,053 Mm. breit.

An den Blattrippen sind zahlreiche, stark verdickte, vielzellige Haare vorhanden. Sie wachsen vom Grunde aus und zeigen nach ihrer Spitze zu immer mehr und stärkere Cuticularknoten (Fig. 386 a.), ihre Zellen sind in der Mitte stets etwas eingeschnürt, daher die Verbindungsstelle von je zweien immer aufgetrieben erscheint. Sie variiren ausserordentlich in ihren Dimensionen, indem ihre Länge zwischen 0,07—0,08—0,3—0,7 Mm., ihre Breite an der Basis zwischen 0,02—0,04—0,096 Mm. schwankt.

*) Kützing, Philosoph. Botanik. I. Bd. S. 279, Taf. X, Fig. 1 a. e.

Meyen*) hat die Köpfchenhaare von Calceolarien ziemlich treu abgebildet.

Lychnis Viscaria *L.*
(Fig. 332.)

Am Kelche stehen kurze, 0,03—0,05 Mm. lange Köpfchenhaare, die man ihrer Kleinheit wegen als Uebergang zu Glandeln betrachten könnte. Sie bestehen aus 2 Stielzellen, welche mit einem gelösten, dunkel carminrothen Farbstoffe erfüllt sind und ein mässig grosses, rundes, einzelliges Köpfchen tragen, das einen gelösten intensiv gelben Farbstoff enthält (Fig. 332). Dieser grelle Farbencontrast macht die Haare dieser Pflanze mit zu den schönsten, welche ich beobachtet habe. Im jugendlichen Zustande erscheinen sie farblos, das Köpfchen erhält das Pigment zuerst und später folgen die Stielzellen.

Der Blattrand der Pflanze ist verfilzt. Der Filz wird gebildet aus sehr langen, dünnen, vielzelligen Haaren, deren ältere (obere) Zellen, wie ich es bei Haarfilzen bereits öfters erwähnt habe, nach und nach absterben und collabiren, während die jüngeren (unteren) noch einen gelösten rosa Farbstoff als Inhalt führen. Die Dicke dieser an ihrem Grunde wachsenden Haare variirt an ihrer Basis zwischen 0,016—0,024 Mm.

Guettard**) hat für Lychnis-Arten conische mehrzellige Haare und an den Stengeln weisse, wurmförmige Haare angegeben; Eble***) die Griffelhaare von Lychnis vespertina ihrer äusseren Contour nach ziemlich treu abgebildet.

Lysimachia vulgaris *L.*
(Fig. 256.)

Die Filamente sind auf das Dichteste mit kurzen Köpfchenhaaren bekleidet; dieselben bestehen aus einer einzigen Stielzelle, welche ein unverhältnissmässig grosses, rundes, einzelliges, meist 0,04 Mm. im Durchmesser haltendes Köpfchen trägt (Fig. 256). Man könnte sie für Glandeln halten, wenn nicht ihre Grösse dieser

*) Secretionsorgane. Taf. VII, Fig. 30 und 31.
**) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750, p. 229.
***) Die Lehre von den Haaren. Taf. II, Fig. 10.

Annahme entgegen wäre. Die Länge dieser Haare steigt nämlich oft bis auf 0,096—0,1 Mm., die Stielzelle selber ist an ihrer Basis fast constant 0,03 Mm. breit. Der Inhalt des Köpfchens ist sehr grobkörnig.

Ich muss erwähnen, dass Köpfchenhaare an Filamenten nur sehr selten vorkommen, ich habe sie nur bei wenigen Pflanzen, zu denen auch Salvia gesnerifolia gehört, aufgefunden.

Die übrigen Pflanzentheile von Lysimachia vulgaris tragen ebenfalls Köpfchenhaare, doch ist das Köpfchen da stets zweizellig und die beiden Zellen desselben divergiren wie bei Calceolarien nach oben mehr oder weniger auseinander. Die Haare werden 0,38—0,4—0,6 Mm. lang und darüber.

Guettard*) hat conische Haare mit purpurfarbenen Gliedern verzeichnet (?), Meyen**) die Köpfchenhaare der Pflanze erträglich abgebildet.

Origanum Majorana *L.*

(Fig. 297—Fig. 307.)

Junge Stengel und Blätter sind ganz verfilzt. Die Haare, welche diesen Filz hervorbringen, sind sehr lang, an ihrer Basis 0,023—0,032 Mm. breit, verdünnen sich indess sehr bald auf 0,009 bis 0,016—0,019 Mm., bleiben stets unverzweigt und enden spitz. Die Zellen derselben enthalten spärliche, sehr kleine Chlorophyllkörner, doch kann man dieselben nur in den Basalzellen wahrnehmen, da die oberen rasch absterben und dann vielfach collabiren. Das Protoplasma der unteren oft 0,096—0,16—0,23 Mm. langen Zellen strömt in zahlreichen feinen Strömen durch dieselben.

Neben diesem Blätter und Stengel bekleidenden Haarfilze kommen eigenthümliche Köpfchenhaare an der Pflanze vor. Sie bestehen gewöhnlich aus 3 Stielzellen, deren obere aber sehr kurz ist und ein unverhältnissmässig langes, farbloses, einzelliges, selten zweizelliges Köpfchen trägt (Fig. 304, Fig. 305), in dessen Innerm stabförmige langgestreckte Körper liegen.

Ammoniak färbt Köpfchen und Stielzellen grüngelb, desglei-

---

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1755. p. 349.

**) Secretionsorgane. Taf. II, Fig. 42.

chen Kalilösung; Eisenchlorid lässt in beiden viel eisengrünenden Gerbstoff erkennen.

Die Haare entstehen aus einer Oberhautzelle mit basisständigem Cytoblasten. Derselbe rückt in die Höhe und es formiren sich zwei Primordialzellen (Fig. 297), um welche Zellhäute entstehen und so zwei Zellen bilden, die kurz darauf durch Theilung 3 geworden sind (Fig. 298). Nun beginnt die obere Zelle sehr stark zu wachsen (Fig. 299). Ihr Inhalt ist da noch Protoplasma, doch treten sehr bald einzelne langgestreckte, spindelförmige Körper im Inhalte auf (Fig. 300), während das Protoplasma sich in dem Masse verliert, als die Anzahl derselben grösser wird (Fig. 300—Fig. 304). Ueber die Natur derselben konnte ich keinen Aufschluss erhalten.

Untermischt mit diesen Haaren kommen andere vor, die ein zweizelliges Köpfchen tragen, welches auf einem zweizelligen Stiele sitzt, dessen obere Zelle ausserordentlich verdünnt ist, während die untere breit und reichlich Protoplasma führend erscheint (Fig. 307). Der Inhalt der Köpfchenzellen ist körnig und gelblich gefärbt. Kalilösung färbt alle Haarzellen intensiv schwefelgelb, am wenigsten noch die grosse Basalzelle.

Endlich sind auch Glandeln nicht selten (Fig. 301. 302. 306), die häufig Oeltropfen im Inhalte (Fig. 301) oder als Aussenanhang haben. Ammoniak färbt sie gelb, desgleichen Kalilösung; Schwefelsäure und Benzol verändern sie nicht. Eisenchlorid zeigt ihren Gehalt an eisengrünendem Gerbstoffe. In Kalilösung längere Zeit liegen gelassen, quillt die Membran der das Köpfchen bildenden Zellen sehr auf und der Inhalt färbt sich gelblich.

Guettard*) giebt kurze, conische Haare und goldgelbe, becherförmige Köpfchenhaare für die Pflanze an.

b) Mit zweizelligem Köpfchen.

Gesneria spicata *Kth.*

(Fig. 232—Fig. 244.)

An der Unterseite der gewöhnlichen Blätter stehen zahlreiche, mehrzellige, 0,9 Mm. etc. lange und unten 0,06 Mm. breite conische

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1749. p. 365.

Haare, deren letzte Zelle oft derart verdickt ist, dass von einem Lumen derselben kaum die Rede sein kann (Fig. 244). Sie bestehen wie die Haare der Gesneria patula (Fig. 78) gewöhnlich aus 8 und mehr langgestreckten Zellen, welche zahlreiche, schöne Chlorophyllkörner führen und zierliche Protoplasmaströme zeigen. Die Haarzellen sind bis auf die letzte, welche den übrigen gleichsam aufgesetzt ist, nur mässig verdickt.

Die Haare entstehen aus einer Epidermiszelle (Fig. 238), welche durch Theilung in zwei zerfällt (Fig. 239). Die obere Zelle streckt sich darauf in die Länge und die untere zerfällt abermals in zwei (Fig. 240). Dies geht weiter; die Zellvermehrung findet nicht an der Spitze des Haares statt, sondern an der Basis und bis alle Zellen (8 und mehr) gebildet sind, wächst eigentlich nur die Spitzenzelle weiter (Fig. 241, Fig. 242). Sie verdickt sich auch bald sehr stark (Fig. 243, Fig. 244), während die anderen Zellen sich wohl rasch in die Länge strecken, aber dabei verhältnissmässig zartwandig bleiben (Fig. 244). In der Endzelle kommt es nie zur Chlorophyllbildung, wohl aber in den anderen Zellen. Ammoniak färbt den Inhalt junger Haarzellen grünlich.

Am Blattstiele sind kurze Köpfchenhaare die vorwiegenden. Es stehen dieselben auf 2—4—8 etwas über die Oberhaut vorragenden Zellen, denen gewöhnlich 4 Stielzellen folgen, von denen die 2 oberen nur ganz kurz, die beiden anderen aber länger sind. Diese Stielzellen tragen ein meist zweizelliges, doch auch 4—6zelliges Köpfchen, dessen körniger mattgelber Inhalt in der heftigsten Molecularbewegung sich befindet. Die Stielzellen zeigen schöne Chlorophyllkörner und hie und da Krystalle von oxalsaurem Kalke (Fig. 233).*)

Ammoniak färbt den Inhalt der Köpfchen grünlich, Jodlösung tief gelbbraun, Essigsäure matt röthlich. Im jugendlichen Zustande (Fig. 232) enthält das Köpfchen nur Protoplasma.

Zahlreiche Glandeln sind besonders am Stiele vorhanden; sie ruhen auf einem einzelligen Stiele, das Köpfchen derselben ist meist 2—4—6zellig (Fig. 234, Fig. 236), selten mehrzellig (Fig. 235) und enthält einen grobkörnigen, mattgelb gefärbten Inhalt, der sich durch Jodlösung gelbbraun, durch Ammoniak grünlich färbt.

---

*) Dass Krystalle mit Chlorophyllkörnern etc. zusammen in einer Zelle vor-

Aeschinanthus ramosissimus *Wall.*
(Fig. 257.)

Die Unterseite der Blumenkrone trägt schöne, mehrzellige Köpfchenhaare. Ihre Totallänge beträgt 0,13—0,52 Mm., ihre Breite an der Basis 0,25 Mm., die Länge des Köpfchens bei 0,03 Mm. (Fig. 257).

Das Köpfchen ist zweizellig und die Zellen theilweise mit ungelöstem orangerothen Farbstoffe erfüllt, die Stielzellen führen violettrothen, gelösten Farbstoff und darin suspendirte mannigfach gestaltete Farbstoffgebilde. Ich habe dieselben an anderem Orte*) eingehend behandelt und erwähne nur, dass auch in den Haarzellen sich zunächst um Amylumkörner mattgelbe Höfe bilden, welche mit dem successiven Verschwinden der Amylumkörner sich immer intensiver färben und dichter in ihren Theilen aneinandertreten, dass also im Haare ihre Bildung in derselben Weise vor sich geht, wie ich es bei den Zellen der Blumenblätter beobachtet habe.

Die Haarzellen sind sehr protoplasmareich und enthalten jede einen schönen Cytoblasten, der durch seine helle Farbe besonders ersichtlich wird. Die Basalzelle des Haares ist in der Regel tonnenförmig aufgetrieben und frei von Farbstoffinhalt.

Polemonium coeruleum *L.*
(Fig. 333—Fig. 336 und Fig. 398.)

An jungen Blüthenstielen stehen zahllose Köpfchenhaare, die im Habitus denen von Gesneria spicata (Fig. 233) sehr ähnlich sind. Sie werden gebildet aus 5—7 kurzen Stielzellen, welche ein zweizelliges Köpfchen tragen (Fig. 398). Der Inhalt desselben ist ein gelöster oder äusserst feinkörniger gelber Farbstoff. Die Länge des Köpfchens beträgt um 0,04 Mm., seine Breite 0,03 Mm., die Totallänge des Haares bei 0,19 Mm., seine Breite an der Basis 0,03—0,05 Mm. Die oberste, kürzeste Stielzelle hat denselben Inhalt wie das Köpfchen, die anderen zeigen neben Protoplasma auch Chlorophyllkörner (Fig. 398).

---

kommen und sehr häufig vorkommen, habe ich schon vor 9 Jahren gezeigt. (Zoolog. botan. Gesellsch. 1858, S. 9 ff.)

*) Weiss, A., Unters. über die Entwickelung des Farbstoffes etc. II. Abth. Sitzungsb. der kais. Acad. der Wiss. in Wien. 1866. Bd. 54, Taf. I, Fig. 6—9.

Kalilösung färbt den Inhalt aller Haarzellen hochgelb, den Inhalt des Köpfchens aber am intensivsten. Durch Jodlösung werden sie braungelb gefärbt und Eisenchlorid lässt besonders im Köpfchen sehr viel eisengrünenden Gerbstoff erkennen.

Beim Verfolgen der Entwickelung dieser Haare erkennt man, dass die Stielzellen zuerst ausgebildet werden und dann erst die oberste Zelle zum Köpfchen auswächst. Die ersten Spuren des ganzen Haares sind Epidermiszellen, welche sich kaum über die Oberhaut erheben und einen grundständigen Cytoblasten haben (Fig. 333). Später sind zwei Zellen vorhanden (Fig. 334), welche sodann durch Theilung der oberen in drei zerfallen (Fig. 335), und diess geht fort, bis die Stielzellen alle angelegt sind. Nun wächst die oberste zu einer runden Zelle aus, mit centralem Cytoblasten und reichem Protoplasmainhalte (Fig. 336), der später sich gelblich färbt. Bevor dieses geschieht, hat in der Regel eine Theilung der Köpfchenzelle in zwei Zellen stattgefunden.

An der Basis junger Blätter stehen 2—3 Mm. lange, mehrzellige, mit farblosem Zellsafte erfüllte und von einer stumpf endenden Zelle geschlossene Haare.

Bryonia alba *L.*

(Fig. 383 — Fig. 390.)

Die ganz eigenthümlichen Köpfchenhaare am Stengel der Pflanze bestehen aus einem 4- und mehrzelligen Stiele, dessen Zellen kurz, und reichlich mit Protoplasma erfüllt sind. Dieser Stiel trägt ein zwei- auch wohl dreifaches Köpfchen, deren jedes über dem anderen steht und die mit einer farblosen, grobkörnigen Materie erfüllt sind, welche sehr viele Amylumkörner enthält (Fig. 390).

Mit Kalilösung behandelt werden diese Haare gelb, mit Eisenchlorid lassen sich in ihnen geringe Mengen eisengrünenden Gerbstoffes erkennen und mit Jodlösung nach vorhergegangener Behandlung mit Kalilösung in Berührung gebracht, verräth sich sogleich der grosse Amylumgehalt der Köpfchen.

Das Haar erscheint, wie alle Haargebilde, zuerst als einfache Papille (Fig. 383), deren Cytoblast, wie fast in allen beobachteten Fällen der Haarentwickelung, am Grunde dieser Oberhautzelle ruht. Das Protoplasma individualisirt sich bald zu zwei Primordialzellen,

die scheinbar innerhalb einer Plasmalamelle Membranbildung vor sich gehen lassen (Fig. 384), welche das Gebilde zweizellig macht (Fig. 385). Sind auf diese Weise einmal 4—5 Zellen gebildet, so krümmt sich gewöhnlich das junge Haar (Fig. 386) und die Endzelle beginnt anzuschwellen (Fig. 387). Wenn sie halbwegs kugelig geworden ist, theilt sich das ursprünglich einzellig entstandene Köpfchen der Quere nach (Fig. 389) und setzt diese Theilung nicht selten nochmals fort, wie man denn auch 2—4 solcher Einzelköpfchen über einander erblicken kann. Der Vorgang bei der Theilung (Fig. 389) ist der von mir bereits mehrmals beschriebene, der Unterschied ist nur der, dass bei den bisher betrachteten Köpfchenhaaren die Theilung der Länge nach stattfand, während sie hier der Quere nach vor sich geht. Nachdem die Köpfchen individualisirt sind (Fig. 389), verschwimmen die zahlreichen Vacuolen (Fig. 385—389) nach und nach, das Protoplasma gruppirt sich um die Cytoblasten (Fig. 388), die Querwand erscheint mit doppelter Contour und Amylumkörner entstehen nach und nach in den Köpfchenzellen, während zu gleicher Zeit die Stielzellen zu ihrer normalen Grösse auswachsen (Fig. 390).

Guettard*) sind diese Haare nicht aufgefallen, er erwähnt für Bryonia-Arten unvollkommener, silberglänzender Büschelhaare, später**) vindicirt er ihnen spitze, secernirende Haare, welche auf runden, grünen Zellhügeln (Warzen) ruhen. Meyen***) dagegen hat sie recht gut abgebildet, doch glaubt er, dass eben nur die ähnlichen Haare an den Kelchen der Pflanze in ihren oberen blasenförmig aufgetriebenen Zellen einen eigenthümlichen Stoff absondern, die Stengelhaare aber nicht.

c) Mit vielzelligem Köpfchen.

α) mit einfachem, aus Einer Zellreihe bestehendem Stiele.

Antirrhinum majus *L.*

(Fig. 103 und Fig. 310—Fig. 323.)

Die bekannten Haare an den Blüthenstielen bestehen in der Regel aus 3 Stielzellen, deren unterste, älteste, oft ausserordent-

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750. p. 352.

**) Mémoires de l'acad. de Paris. 1756. p. 318.

***) Secretionsorgane. S. 44, Taf. I, Fig. 26 und Fig. 33.

lich verdickt ist und nicht selten bis zu 0,006 Mm. dicke Wandungen hat. Erfüllt sind diese Stielzellen mit einem gelösten roth violetten Farbstoffe, der in der Basalzelle am intensivsten, weiter hinauf immer blässer auftritt. Nebstdem enthalten sie viel wandständiges Protoplasma, spärliche Amylumkörner und jede einen wandständigen Cytoblasten (Fig. 310). Die Stielzellen tragen ein 2—6—8 und mehrzelliges Köpfchen (Fig. 310, Fig. 311), dessen Zellen, oben gerundet, in der Mitte eine grubenförmige Vertiefung freilassen müssen (Fig. 311), welche bei älteren Haaren meist ausgefüllt erscheint. Den Inhalt der das Köpfchen bildenden Zellen bildet eine körnige, blass ockergelbe Materie. Die Haare sitzen mit ihrer breiten Basiszelle meist auf zwei etwas erhobenen Epidermiszellen (Fig. 310), wie dies in gleicher Weise bei den Köpfchenhaaren von Gesneria spicata (Fig. 233) etc. der Fall ist. Sie sind das Prototyp dessen, was man becherförmige Köpfchenhaare nennen könnte. Die Länge dieser Haare steigt auf 0,3—0,4 Mm., sie werden an ihrer Basis 0,01—0,054—0,06 Mm., an der Spitze (gerade unter dem Köpfchen) 0,01—0,013 Mm. breit; das Köpfchen selbst ist gewöhnlich 0,054 Mm. lang und 0,041 Mm. breit.

Kalilösung färbt Köpfchen und Stielzellen intensiv gelb, Jodlösung für sich braungelb, in Kalilösung gekocht erscheinen in dem heftig angegriffenen Köpfchen solide Kugeln oder längliche eiförmige Körper. Durch Eisenchlorid zeigt das Köpfchen viel eisengrünenden Gerbstoff, weniger die Stielzellen. Mit Kupfervitriollösung behandelt und dann in Kalilösung gekocht, wird in den Stielzellen reicher Zuckergehalt ersichtlich, am meisten in der Basalzelle; im Köpfchen dagegen, welches durch seine intensiv violette Färbung seinen reichen Stickstoffgehalt manifestirt, ist kein Zucker nachweisbar.

Am Kelche stehen diese Haare auf einem Zellhügel, auch an der Corolle sind sie, im Baue ziemlich gleich, beträchtlich länger, sie erreichen dort 1 Mm. und mehr und sind an ihrer Basis bis 0,07 Mm. dick.

Am Rande der Oberseite der Unterlippe sind die Haare keulenförmig, mit farblosem Zellsafte erfüllt und mit Cuticularleisten bedeckt. Sie werden bis 2 Mm. lang, an ihrer Basis 0,01—0,03 Mm. dick, an den angeschwollenen Stellen erreichen sie indess einen

Durchmesser von 0,05—0,06 Mm. Sie erscheinen öfter durch mehrere sich regelmässig folgende Anschwellungen (Fig. 103) ganz eigenthümlich gestaltet, gewöhnlich sind sie der Gestalt nach den Haaren von Viola tricolor (Fig. 113) gleich, nur etwas schlanker gebaut als diese.

Die Beobachtung der Entwickelung der Köpfchenhaare an den Blüthenstielen zeigt dieselben zuerst als kleine Papillen mit einem Plasmaballen (Cytoblasten) am Grunde (Fig. 318). Derselbe rückt beim weiteren Wachsthum in die Mitte, das Protoplasma mit ihm (Fig. 319) und dort erfolgt auch bald die Theilung in zwei Zellen. Etwas später sind deren bereits drei gebildet (Fig. 316). Nun beginnt die Endzelle anzuschwellen und es treten zwei Cytoblasten in ihr auf, die anfangs am Grunde liegen, deren einer indess bald höher hinaufsteigt, während zu gleicher Zeit das sie und die ganze Zellwand umkleidende Protoplasma sich theilweise von den Wandungen zurückzieht, zu Primordialzellen sich individualisirt, deren Sphären eine einfache Plasmalamelle durch die Zellen formiren (Fig. 312). Sie bezeichnet die Richtung der bald darauf (Fig. 313) neu entstehenden Zellwand (Fig. 315 a.), welche das Köpfchen in zwei Theile theilt und nicht lange darauf mit doppelter Contour erscheint (Fig. 314). Dabei bleibt es häufig und die gebildeten Zellen wachsen eben nur weiter und ändern ihren Inhalt (Fig. 310), oder aber es wird die Theilung in derselben Weise fortgesetzt, wodurch dann vielzellige Köpfchen hervorgebracht werden (Fig. 311).

Ganz eigenthümlich gestaltete Haare sind jene, welche die gelben Stellen am Grunde der Krone (Innenseite) hervorbringen. Sie sind einzellig und erfüllt mit gelöstem gelben Farbstoffe, wie er sich auch in den Narbenhaaren von Pentstemon-Arten (Fig. 330 und 331), bei Delphinium formosum (Fig. 102) etc. vorfindet. Ihr Ende ist zu einer Kugel angeschwollen, die bis 0,16 Mm. im Durchmesser hält und von dem übrigen bis 1 Mm. langen Theile wie von einem Stiele getragen wird (Fig. 317).*) Dieser Stieltheil hat selten über 0,015 Mm. Durchmesser, er sowohl wie die Kugel sind mit grossen Cuticularknoten bedeckt. Die Oberhautzelle, aus der sie entspringen, führt ebenfalls den gelösten gelben Farbstoff. Die Mem-

*) Weiss, A., Farbstoff. II. Abth. 1866. Taf. II, Fig. 32 und 33.

bran des Haares ist farblos, im Innern der Kugel kreisen schöne Protoplasmaströme, deren Centrum von einem wandständigen Cytoblasten gebildet wird. Dies ist die Gestalt des fertigen Haares; im jugendlichen Zustande erscheint es als eine nach aufwärts gestreckte Papille, deren Inhalt Plasma bildet, welches den grundständigen Cytoblasten einhüllt (Fig. 320). Später, wo dieselbe gewachsen, hat sich hie und da ein Chlorophyllkorn im Inhalte gebildet (Fig. 321). Nach einiger Zeit bemerkt man bereits eine keulenförmige Anschwellung des Haarendes (Fig. 322), doch ist der Cytoblast noch immer am Grunde verblieben. Später, wenn die Anschwellung im vollem Zuge ist (Fig. 323), verlässt er seinen Platz, und damit die Plasmaströme nach allen Richtungen hin erregend wirken können, wandert er in die Mitte der keulenförmigen Auftreibung (Fig. 323), wo er sich später an die Wandung legt und daselbst verbleibt, während das Haar weiter wächst und sich schliesslich mit zahlreichen Cuticularknoten bedeckt (Fig. 317).

Kieser*) hat die letztgenannten Haare zuerst recht gut abgebildet, Eble**) aber ausserordentlich unvollkommen, obgleich 15 Jahre nach Kieser's Abbildung. Er beschreibt übrigens die anderen Haarformen der Pflanze ebenfalls, doch ohne ihrer Gestalt weiter als ganz oberflächlich zu gedenken. Die Köpfchen der Blumenstielhaare hat er als einzellig angesehen, desgleichen Meyen***), der die sämmtlichen Haarformen ziemlich treu abbildet. Aus dem Erscheinen von Streifen am Köpfchen glaubt er, dass diese sich später öffnen. Meyen's Streifen sind aber keine Streifen, sondern wahre Zellwände, da das Köpfchen nicht ein-, sondern, wie ich zeigte (Fig. 311), vielzellig ist.

Maurandia semperflorens *Orteg.*

(Fig. 272 — Fig. 281.)

Die Haare der Kelchblätter sind sehr robust und stehen im erwachsenen Zustande auf einem mehr oder weniger stark erhobenen Zellhügel (Fig. 281). Sie bestehen aus 3—5—6 Stielzellen, welche

---

*) Elemente der Phytotomie. Jena 1815. Taf. IV.
**) Lehre von den Haaren. S. 23, Taf. IV, Fig. 34 B.
***) Secretionsorgane. S. 30, Taf. II, Fig. 21—Fig. 32.

oben ein äusserst zusammengesetztes Köpfchen tragen, das mit einer körnigen, mattgelben Materie erfüllt ist (Fig. 280, Fig. 279). Wie bei den Köpfchenhaaren von Antirrhinum majus (Fig. 310 und 311), denen sie überhaupt sehr ähnlich sind, tragen die Köpfchen an ihrer Spitze eine halbkugelig erhobene Materie (Fig. 279 c.), die wohl nichts weiter als ein Excret der Köpfchenzellen ist, welches sich in die durch das Aneinanderstossen der oben gerundeten Köpfchenzellen gebildete Grube ablagert, wohl auch durch von aussen daran festklebende Partikel vergrössert wird. Die Stielzellen zeigen herrliche Protoplasmaströme, schöne Cytoblasten und grosse Chlorophyllkörner (Fig. 279, Fig. 281). Die Totallänge derselben beträgt oft 1,5—1,7 Mm. und darüber, die Breite an der Basis 0,12—0,14 Mm., oben unter dem Köpfchen 0,05—0,06 Mm., der Durchmesser des Köpfchens nicht selten 0,18 Mm. Ein dreizelliges, nahezu erwachsenes Haar (Fig. 279) gab folgende Dimensionen: Breite des Köpfchens (ab) = 0,10 Mm., Länge desselben = 0,079 Mm., Breite desselben an der obersten Stielzelle (mn) = 0,078 Mm., Durchmesser der Cytoblasten im Köpfchen = 0,003 Mm. Totallänge des Haares 0,7 Mm., Breite desselben an seiner Basis 0,052 Mm.; Länge der Basalzelle 0,28 Mm., der nächsten 0,14 Mm. und der letzten 0,13 Mm., Dicke derselben bei ef = 0,043 Mm., bei st = 0,040 Mm.

Diese schönen Köpfchenhaare ragen zuerst als einfache kleine Papille über die Oberhaut vor; durch Theilung derselben wird das Gebilde zweizellig und die oberste Zelle theilt sich nun weiter, bis das Haar in seiner Anlage fertig, selten aber länger wie 0,08 Mm. ist (Fig. 272). Die Endzelle desselben schwillt nun allmälig etwas an (Fig. 273) und die Protoplasmaströme in derselben (Fig. 273 a.) verschwinden. Dafür sieht man auf einmal zwei Cytoblasten am Grunde der Endzelle und das Protoplasma hat sich zu 2 Primordialzellen formirt, die eine schmale Zone durch die Mitte der Zelle an ihrer Berührungssphäre bilden (Fig. 274 z.). Von einer Scheidewand oder einer Einschnürung ist da noch keine Spur vorhanden. Der eine Cytoblast rückt nun, wie ich es auch bei Antirrhinum majus (Fig. 312, Fig. 314) beobachtete, gewöhnlich etwas hinauf und bald darauf ist Membranbildung eingetreten (Fig. 275), das Köpfchen ist zweizellig geworden. Die

eine dieser Zellen zeigt etwas später wieder zwei Cytoblasten (Fig. 276) und darauf erfolgt genau wie früher Formirung von Primordialzellen und Membranbildung, welche das Köpfchen nunmehr dreizellig, oder wenn auf der anderen Hälfte derselbe Vorgang stattfand, 6zellig gemacht hat (Fig. 277). Das geht nun fort (Fig. 277) und man sieht jedesmal vor dem Auftreten einer neuen Zellwand zunächst einen neuen Cytoblasten erscheinen und das Protoplasma der Primordialzellen sich in eine Zone sammeln, deren Mitte die Richtung der später erscheinenden Zellwand bezeichnet. Nie habe ich hier oder bei den zahlreichen anderen beobachteten Fällen eine vorherige Einschnürung des Inhaltes (Primordialschlauches) gesehen; die Scheidewand trat stets der ganzen Länge nach auf einmal, als äusserst feine aber wunderbar scharfe Trennungslinie auf, die sich nach beiden Seiten hin bis zur Membran der Mutterzelle verfolgen liess und bald stärker wurde, d. h. sich mit doppelter Contour darstellte.

Zuletzt fängt der farblose Inhalt der Köpfchenzellen an, sich mattgelb zu färben und die Intensität dieser Färbung nimmt allmälig zu (Fig. 279 und 280).

Kalilösung färbt den Inhalt aller Zellen, insbesondere aber den des Köpfchens intensiv gelb.

Nicotiana rustica *L.*

(Fig. 187 — Fig. 197.)

Blätter und Stengel der Pflanze sind mit sehr zahlreichen, eine klebrige Masse in grossen Mengen secernirenden Köpfchenhaaren bedeckt. Zwischen ihnen stehen mehrzellige, spitz endende Haare, an welchen ebenfalls in Klumpen das Secretionsproduct hängt. Die Köpfchenhaare bestehen aus 4 — 5 Protoplasma und Chlorophyll führenden Stielzellen, welche ein eiförmiges, vielzelliges, mit einer körnigen gelben Materie erfülltes Köpfchen tragen, das in jeder Zelle einen hellen runden Klumpen zeigt, der von Alkohol gelöst wird (Fig. 197). Die Länge dieser Haare beträgt 0,3—0,5—0,7 Mm., ihre Breite an der Basis 0,064—0,08 Mm.; die Länge des Köpfchens 0,09—0,13—0,16 Mm., seine Breite 0,035—0,06 Mm.

Die spitz endenden einfachen Haare sind kürzer, 0,12—0,22 Mm. lang und an ihrer Basis 0,029—0,038 Mm. breit.

Kalilösung färbt das ausgewachsene Haar goldgelb, insbesondere die Köpfchen sehr intensiv. In jungen Stadien (Fig. 190. 193. 196 etc.) wird das letztere nur sehr blass gefärbt. Durch Jodlösung nach vorhergegangener Behandlung mit Kalilösung lässt sich Amylum, durch Eisenchlorid insbesondere in jungen Stadien sehr viel eisengrünender Gerbstoff im Köpfchen nachweisen.

Die Köpfchenhaare erscheinen zuerst als einfache einzellige Papille, die bald durch Theilung in zwei Zellen zerfällt (Fig. 187 b.), deren Cytoblasten an der Zwischenmembran ruhen. Der Cytoblast der oberen Zelle steigt hierauf gegen die Mitte und es bilden sich Primordialzellen (Fig. 187 a.), um welche kurz darauf Membranbildung sichtbar wird, die das junge Haar dreizellig macht (Fig. 189). Die Theilung erfolgt weiter, doch stets nur in der obersten Zelle, wie denn überhaupt das Haar nur an seiner Spitze wächst. Sind einmal 3—4 Stielzellen gebildet, so entsteht aus wiederholter Theilung der obersten Zelle (Fig. 188. 190—191. 196 etc.) das Köpfchen. Die oberste Stielzelle, deren Cytoblast in ihrer Mitte Platz nimmt, rundet sich nämlich gar bald (Fig. 192) und es lagert sich das Protoplasma, wie ich dies bereits so oft beschrieb, zu Primordialzellen, während zu gleicher Zeit zwei Cytoblasten entstanden sind (Fig. 190. 188 a.). Nicht selten wird dieser Theilungsvorgang zu gleicher Zeit an 2 Stellen der Köpfchenzelle vor sich gehend gesehen (Fig. 191) und die Theilungen folgen rasch auf einander, so dass anfangs der Längsdurchmesser der neu gebildeten Zellen ein sehr kurzer ist (Fig. 196), auch erfolgt die Theilung zuerst nur in einer Richtung, nämlich durch eine horizontale Membran und erst viel später auch in der darauf senkrechten (Fig. 195. 197). Anfangs (Fig. 187. 189) ist der Inhalt sowohl der Stiel- als Köpfchenzelle lediglich Protoplasma, bald erscheint jedoch in demselben hie und da ein feines farbloses Korn (Fig. 190—191), das bald darauf mit einem mattgelben Hofe umgeben erscheint, dessen Intensität immer mehr zunimmt (Fig. 191. 193). An einem und demselben Haare (Fig. 188) sieht man häufig in den Basalzellen noch farblose Körner, während weiter

hinauf, insbesondere im sich bildenden Köpfchen dieselben bereits mattgelb geworden sind. Diese farblosen (Amylum), später gelblichen Körner im Köpfchen werden nach und nach gelbgrün bis grüngelb (Fig. 193 — Fig. 195) und lagern gewöhnlich an der Peripherie der centralen Protoplasmazone (Fig. 194). Anfangs sind ihrer nur wenige vorhanden (Fig. 194), nachher geht ihre Färbung in's Grüngelbe über und sie werden ausserordentlich zahlreich (Fig. 195). Im ausgebildeten Köpfchen sind sie nicht mehr vorhanden (Fig. 197), es ruhen da nur zahllose Amylumkörnchen in einer körnigen, gelben Materie.

An der Unterseite der Blumenblätter stehen dünne, mehrzellige, stumpf endende Haare, erfüllt mit farblosem Zellsafte. Ihre Länge steigt bis 0,7 Mm., ihre Breite an der Basis beträgt meist 0,026 Mm.

Auch an den Filamenten finden sich Haare vor. Sie sind im Habitus den Blumenblatthaaren gleich, nur häufig gebogen, collabirt und ausgebuchtet. Im Inhalte derselben finden sich Amylumkörner vor. Ihre Länge beträgt 0,16—0,38—0,5—0,7 Mm., ihre Breite an der Basis 0,02—0,03—0,04 Mm.

Eble*) fand bei der Pflanze jedes Haar an der Spitze mit einem ovalen, helldurchsichtigen, grünen Köpfchen versehen. Ein ausserordentlich feines Häutchen schloss einen Tropfen Flüssigkeit in sich, der sich bei dem geringsten Drucke aus demselben entleerte, was auch geschah, wenn er die Haare in Wasser legte. — Erwähnt sei, dass mehr oder weniger grün gefärbte Köpfchen im Pflanzenreiche nur selten vorkommen, doch fand ich sie bei Hyssopus, Erigeron-, Aster-, Salvia-, Mentha-, Prunella-, Betonica- und Chelone-Arten vor.

Pentstemon Cobaea *Nutt.*

(Fig. 324 — Fig. 331.)

Alle von mir untersuchten Pentstemon-Arten sind durch eigenthümliche, bei den verschiedenen Species nur sehr wenig abweichende Köpfchenhaare ausgezeichnet (Fig. 324), die gewöhnlich die Unterseite der Blumenblätter, besonders der Unterlippe, bedecken.

*) Lehre von den Haaren. S. 33.

Bei Pentstemon Cobaea bestehen sie aus einer sehr langen, mässig verdickten Basalzelle, auf welche eine kurze, dreikantige, zum Theil schon in das Köpfchen eingesenkte Zelle des Stieles folgt. Das Ganze trägt ein ausserordentlich langes mehrzelliges (zweizelliges) Köpfchen, welches mit einer körnigen, intensiv ockergelb gefärbten Materie erfüllt ist (Fig. 324). Die Stielzellen haben farblosen Zellsaft und reichlich Protoplasma. Die Länge der Haare beträgt bis 0,4 Mm., die des Köpfchens oft 0,2 Mm., der Breitendurchmesser desselben zwischen 0,05—0,06 Mm.

Das Haar entsteht aus einer Epidermiszelle, die nach aufwärts wächst und sich später theilt (Fig. 327). Die Endzelle beginnt nun entweder sogleich kugelig anzuschwellen (Fig. 328) oder es erfolgt dies erst, nachdem auch die zweite Stielzelle sich gebildet hat (Fig. 329). Der Cytoblast des Köpfchens ist in jenen Stadien stets central (Fig. 327—329). Später erfolgt ganz in der Art, wie ich es bei den Köpfchenhaaren von Antirrhinum majus beschrieb (S. 590), eine Theilung der Endzelle (Fig. 326) und die beiden entstandenen Endzellen vergrössern sich sehr rasch. Der früher farblose Inhalt fängt nun an, sich licht chromgelb zu färben und an der Spitze jeder Köpfchenzelle wird man eines grossen, länglichen Oeltropfens gewahr (Fig. 325), der später im fertigen Köpfchen sich nicht mehr erkennen lässt (Fig. 324), vielleicht gedeckt durch die tiefere Färbung des Inhaltes.

Kalilösung färbt die Köpfchen in jüngeren Stadien (Fig. 328—329. 326) intensiv schwefelgelb, und der Inhalt erscheint ausserordentlich feinkörnig, die Stielzellen werden weit matter gefärbt; erwachsene Köpfchen (Fig. 324) nehmen bei der Behandlung mit dem Reagens eine tief rostrothe Färbung an. Durch Schwefelsäure werden die Köpfchen gelb, durch Jodlösung braungelb gefärbt und mit Eisenchlorid behandelt, zeigen sie einen enormen Gehalt an eisengrünendem Gerbstoff, sie werden fast schwarz gefärbt. Mit Kupfervitriollösung behandelt und nachher in Kalilösung gekocht, erscheinen die Köpfchen selbst im erwachsenen Zustande schön violett, enthalten demnach noch immer viel Protoplasma. Zucker ist in ihnen und auch in den Stielzellen nicht nachweisbar.

Am Kelche finden sich ganz dieselben Haare vor.

Auf der Oberseite der Blumenunterlippe stehen Haare, welche denen von Viola tricolor (Fig. 113) ähnlich sind. Sie sind, wie diese, einzellig, werden bis 6 Mm. lang, an der Spitze angeschwollen und dort mit Cuticularknoten bedeckt. Im Durchmesser halten sie an ihrer Basis 0,04—0,06 Mm. und ihr Inhalt wird durch Kalilösung gelb gefärbt.

Die Narbenhaare der Pflanze sind robust, bis 1 Mm. lang und an ihrer Basis bei 0,08 Mm. dick, einzellig, stumpf endigend und mit starken Cuticularknoten besetzt (Fig. 331). Sie führen einen gelösten gelben Farbstoff im Inhalte.*) Tiefer hinunter werden sie weit kürzer, nehmen aber zugleich eine tonnenförmige Gestalt an (Fig. 330). Ihre Länge beträgt da selten über 0,6 Mm., ihre grösste Breitendimension öfters bei 0,2 Mm., sie sind wie die eben erwähnten mit gelöstem gelben Farbstoffe erfüllt und dicht mit Cuticularknoten besetzt. Der Farbstoff erscheint erst spät in ihnen, im jugendlichen Zustande sind sie farblos und sehr protoplasmareich. Die Zellhaut derselben bleibt indess selbst im Aether farblos.

Pentstemon crassifolium *Hort.*

Die Haare an der Unterseite der Blumenblätter sind Köpfchenhaare wie bei Pentstemon Cobaea (Fig. 324) etc. Sie bestehen aus einer grossen, 0,19—0,32 Mm. langen und 0,03 Mm. breiten Basalzelle, auf welche eine zweite, ganz kurze Stielzelle folgt, die ein zweizelliges, sehr gestrecktes, 0,064—0,096 Mm. langes und 0,02—0,051 Mm. breites Köpfchen trägt. Die Totallänge der Haare variirt gewöhnlich zwischen 0,3—0,5 Mm., ihre Breite an der Basis zwischen 0,02—0,05 Mm. Die Zellen sind sämmtlich nur mässig verdickt, die lange Stielzelle führt sehr viel Protoplasma, die kurze einen Inhalt wie das Köpfchen, nämlich eine grobkörnige, mattgelb gefärbte Materie. Im Köpfchen machen sich häufig, wie bei Pentstemon Cobaea (Fig. 325), zwei hellglänzende rundliche Körper bemerkbar, die auch hier Oel sein werden. Im Alter wird der Köpfcheninhalt bräunlich.

Kalilösung färbt das Köpfchen und die kurze Stielzelle in-

*) Weiss, A., Sitzungsber. der kais. Acad. 1866. Bd. 54.

tensiv schwefelgelb, die Körnung und die zwei hellen Körper verschwinden; erst später wird der Inhalt der grossen Basiszelle gelb gefärbt und dies zwar hauptsächlich durch Diffundirung des Köpfcheninhaltes. Jodlösung färbt die Köpfchen braungelb. Mit Kalilösung behandelt, ausgewaschen und dann Jodlösung hinzugesetzt, zeigt sich viel Amylum im Köpfchen und der kurzen, demselben eigentlich angehörigen Stielzelle, weniger in der langen Basalzelle, und da nur am Grunde derselben. Eisenchlorid färbt sie nach längerer Einwirkung fast schwarz, die Köpfchen enthalten sowie die kleine Stielzelle ausserordentlich viel eisengrünenden Gerbstoff, weniger die Basalzelle. Mit verdünnter Schwefelsäure behandelt, nehmen die Köpfchen eine gelbgrünliche Farbe an und die hellen Körper verschwinden. In Kupfervitriollösung gelegt und nachher in Kalilösung erwärmt, lässt sich nirgends eine Spur von Zucker erkennen, obwohl das Gewebe, auf dem die Haare stehen, ihn, wie das Reagens zeigt, in ganz ungewöhnlicher Menge besitzt. Mit Ammoniak behandelt, werden die Köpfchen, wenn sie nicht zu alt sind, gelbgrün, die hellen Körper bleiben ungeändert.

Die Narbenhaare der Pflanze sind sehr robust, einzellig, stumpf endend und mit Cuticularleisten besetzt. Ihr Inhalt ist farblos, nicht gelb, wie bei den dunkelblühenden Pentstemon-Arten. Sie werden bis 1,7 Mm. lang und an ihrer Basis bis 0,096 Mm. dick. An ganz jungen Knospen lässt sich ihre allmählige Entwickelung sehr leicht verfolgen. Man sieht da, wie eine Zelle der Oberhaut emporwächst und sich immer weiter streckt, bis stärkere Verdickung der Membran und das Auftreten der Cuticularleisten allmählig das Wachsthum hemmen. In jungen Stadien zieht sich ein zierliches Netz von Protoplasmaströmen durch diese Haare.

Die Entwickelung der Köpfchenhaare ist der bei Pentstemon Cobaea gegebenen in allen Details gleich, es sei demnach nur noch erwähnt, dass auch die Kelche und Blüthenstiele mit ihnen bedeckt sind und zwar in ganz ausserordentlichen Mengen.

Pentstemon nitidum *Benth.*

(Fig. 373.)

Die Unterseite der Blumenblätter trägt Köpfchenhaare,

welche mit Ausnahme der kleinen Stielzelle, die ihnen fehlt, den eben beschriebenen Köpfchenhaaren von Pentstemon-Arten gleich sind. Sie bestehen aus einer einzigen, bis 0,33 Mm. langen und 0,02 Mm. breiten, nahezu cylindrischen Stielzelle, auf welche ein bis 0,06—0,08 Mm. langes Köpfchen aufgesetzt ist. Die Totallänge der Haare variirt zwischen 0,29—0,39 Mm. Das Köpfchen ist zweizellig und erfüllt mit einer mattgelben körnigen Materie.

Auch an den Blüthenstielen und Stengeln der Pflanze stehen diese Haare, nur sind sie dort viel länger und robuster.

Durch Kalilösung wird sowohl Köpfchen als Stiel intensiv schwefelgelb gefärbt; Eisenchlorid lässt in ersterem grosse Mengen eisengrünenden Gerbstoffes erkennen, weniger in der Stielzelle, und durch Anwendung von Jodlösung nach vorhergegangener Behandlung mit Kalilösung zeigt sich, dass der grobkörnige Inhalt des Köpfchens zumeist aus Amylum besteht.

Die Narbenhaare sind 0,2—1,16 Mm. lang, einzellig, stumpf endend, und erfüllt mit gelöstem gelben Farbstoffe, dabei dicht bedeckt mit kurzen, wurmförmigen Cuticularleistchen. Ihre Breite beträgt bis 0,07 Mm., sie collabiren im Alter und werden bandförmig, schlagen sich dann auch häufig mannigfach zusammen.

Die langen Haare an der Oberlippe sind sehr dünn, selten über 0,05 Mm. breit, einzellig, oben kopfförmig erweitert, mit Cuticularstreifchen überzogen und reichlich Protoplasma führend. Ihr Inhalt ist farblos und sie werden bis 2 Mm. lang (Fig. 373).

Die Entwickelung dieser verschiedenen Haarformen erfolgt genau in derselben Weise wie bei Pentstemon Cobaea.

Agrimonia Eupatoria *L.*

(Fig. 337 — Fig. 341.)

An den Blättern sitzen einzellige, unten etwas angeschwollene Haare, deren verdickte Basis von Epidermiszellen umfasst wird, die in ihrem Inhalte eine gelbbraune, kōrnige Materie enthalten (Fig. 337). Die Haare sind bis zur Basis herab ziemlich stark verdickt und mit mässig grossen, spärlichen Cuticularknoten besetzt (Fig. 337). Sie erreichen eine Länge von 1—2 Mm. und sind an ihrer Basis bis 0,03 Mm. dick. Der Durchmesser ihrer Zellhaut steigt nicht selten bis auf 0,01 Mm., so dass das Lumen oft nur

0,005—0,01 Mm. erreicht. An der Basis ganz junger Blätter sind diese Haare 3—4 Mm. lang und bis 0,04 Mm., dick, ihr Basalende zu einem von den Oberhautzellen umfassten Bulbus angeschwollen.

Nebst diesen Haaren kommen an den Blättern auch Köpfchenhaare vor, welche auf einem 3—4zelligen Stiele ein mehrzelliges Köpfchen tragen (Fig. 338. 339). Verfolgt man die Entwickelung derselben, so sieht man sie zuerst als einzellige Papille sich über die Epidermis erheben. Durch Theilung werden bald zwei Zellen daraus, die sich weiter vermehren, bis ein einfaches 3—4zelliges Haar entstanden ist (Fig. 341). Die Endzelle desselben (Fig. 341 a.) wächst nun kugelförmig aus und ist bald in zwei zerfallen (Fig. 340). Von diesen vermehrt sich nun die unterste (Fig. 340 a.) zunächst und das Product ist nach einiger Zeit ein dreizelliges Köpfchen geworden (Fig. 339). Die oberste Zelle desselben (Fig. 339 b.) wächst noch eine Zeit lang fort, ohne sich zu theilen, endlich geschieht es auch bei ihr und damit ist das Köpfchen völlig ausgebildet (Fig. 338).

Am Stengel der Pflanze sitzen sehr lange, einzellige, ausserordentlich stark verdickte, mit gelbbraunem Farbstoffe erfüllte spitz endende Haare. Ihre Länge beträgt bis 2,3 Mm., ihre Breite an der Basis 0,03—0,05 Mm., die Dicke der Zellhaut nicht selten 0,016—0,022 Mm., daher das Lumen selten über 0,01 Mm. steigt. In jungen Haaren ist der Farbstoff heller und wird da bei Behandlung mit Kalilösung unter Gasentwickelung vertilgt, in alten, dunkelbraun gefärbten Haaren ändert Kalilösung die Farbe desselben nicht mehr.

Nach Guettard*) finden sich bei Agrimonia-Arten cylindrische Haare gemischt mit secernirenden, becherförmigen Köpfchenhaaren.

Saxifraga Facchinii *Koch.*

(Fig. 289 — Fig. 296 und Fig. 309.)

Neben mehrzelligen, bis 4 Mm. langen und an ihrer Basis 0,054—0,07 Mm. breiten, mit stumpfer Spitze endenden Haaren, welche vorzüglich die Stengel der Pflanze bekleiden und gar bald an der Spitze absterben, finden sich, besonders an der Oberhaut

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1749. p. 326.

jüngerer Blattflächen, zahlreiche Köpfchen tragende Haare von etwas geringeren Dimensionen vor. Die Stielzellen dieser Haare führen reichlich Protoplasma, das sie in schönen Strömen durchzieht und vereinzelte Amylumkörner (Fig. 309). Im erwachsenen Zustande sind die zahlreichen Köpfchenzellen mit einer krümlichen, gelben Materie erfüllt (Fig. 296. 309).

Mit Kalilösung behandelt, werden die Köpfchen goldgelb, die Stielzellen desgleichen nur weniger intensiv gefärbt. In letzteren erscheint ein feinkörniger gelblicher Niederschlag, wohl auch hier und da eine mehr oder minder starke Blaufärbung des Inhalts. Aether lässt die Köpfchen ungeändert, desgleichen Benzol. Mit Ammoniak behandelt, werden die Köpfchen intensiv gelb gefärbt, doch erst in Stadien, wo ihr Inhalt bereits grobkörnig geworden ist. Mit Eisenchlorid ist in den Köpfchen viel eisengrünender Gerbstoff nachweisbar, desgleichen in den Stielzellen, nur dass er in der Basalzelle des Haares oft mit eisenbläuendem gemischt erscheint. Schwefelsäure färbt den Köpfcheninhalt gelblich (körnig), die Oberhautzellen werden roth. Nach längerer Einwirkung erscheint das Roth auch im Inhalte der Köpfchen, besonders intensiv aber in den Winkeln der Stielzellen. Später wird der ganze Inhalt bleibend gelb gefärbt. Setzt man nun Ammoniak zu, so entsteht in allen Zellen ein dichter gelbrother Niederschlag. Mit Essigsäure behandelt färben sich die Köpfchen roth. Jodlösung und Kali zeigen den reichen Amylumgehalt derselben.

Die conischen vielzelligen Stengelhaare bestehen in der Regel aus einer einzigen Zellreihe, nicht selten kommt es indess vor, dass eine oder die andere Zelle in der Mittelpartie derselben durch eine Längswand sich theilt und daher das Haar stellenweise als aus zwei parallelen Zellreihen bestehend erscheinen lässt. Uebrigens sind die Zellen an der Basis und an der Spitze des Haares kurz, nur die Mittelzellen werden lang gestreckt.

Die Köpfchenhaare erscheinen zuerst als kleine Papille, an derem Grunde der Cytoblast lagert (Fig. 289), als dichter, membranloser Protoplasmaballen. Durch Zelltheilung werden bald 2—3 weitere Zellen gebildet (Fig. 290) und bis dahin geht die Entwickelung der Köpfchenhaare mit der der spitz endenden parallel. Während indess bei letzteren die Zellvermehrung fortgesetzt wird, bis

die bestimmte Zahl von Zellen erreicht ist (Fig. 291—292), wächst bei ersteren die oberste Zelle (Fig. 290) rasch in die Breite und bildet die Grundlage des zukünftigen Köpfchens. Es erfolgt nämlich in ihr gar bald eine wiederholte Theilung der Breite nach (Fig. 293), zugleich ein erhöhtes Wachsthum nach dieser Dimension; jede Zelle enthält indess nur Einen Cytoblasten. Später sieht man 2 in ihnen liegen, deren Plasmasphären sich anfangs fast durchkreuzen (Fig. 295 a.), bald jedoch etwas weiter von einander rükken. Nicht lange darauf ist eine Zellhaut zwischen ihnen entstanden (Fig. 295 a'.), die später mit doppelter Contour erscheint (Fig. 294 b.). Dieser Vorgang wiederholt sich nun nach und nach in allen Köpfchenzellen und ihr Inhalt, der anfangs (Fig. 293—295) lediglich aus Protoplasma bestanden hatte, wird nach und nach immer körniger (Fig. 307) und fängt allmählig an sich gelblich zu färben (Fig. 296).

Guettard*) giebt für Saxifraga-Arten conische, mehrzellige Haare und becherförmige Köpfchenhaare an; Meyen**) hat undeutliche Abbildungen der Haare von Saxifraga punctata gegeben.

Saxifraga geranioides *L.*

Die Haare sind einfach, unverzweigt, 1—2 Mm. lang, an ihrer Basis 0,02—0,04 Mm. breit, enden stumpf und sind gewöhnlich mit gelöstem, blassrothem Farbstoffe erfüllt.

Ammoniak bringt in den Haarzellen einen gelblichen, körnigen Niederschlag hervor, in den Oberhautzellen hingegen, die sich intensiv gelb färben, einen gelbgrünlichen Niederschlag, der indess auf Zusatz von Schwefelsäure sogleich wieder verschwindet.

Saxifraga caespitosa *L.*

In Bau und Grösse gleichen die Haare der Pflanze denen bei Saxifraga Fachinii. Ihr Köpfcheninhalt wird durch Jodlösung dunkel braungelb gefärbt.

Die Entwickelung derselben ist ebenfalls genau dieselbe, wie bei der oben genannten Art.

---

*) Mémoires de l'acad. des sciences. 1747. p. 609.

**) Secretionsorgane. Taf. VII, Fig. 32—34.

Hyoscyamus niger *L.*

(Fig. 399 — Fig. 404.)

An jungen Blättern und Stielen stehen mehrzellige Haare, welche ein gewöhnlich aus 7 Zellen bestehendes Köpfchen tragen (Fig. 404), dessen einzelne Zellen ausserordentlich symmetrisch angeordnet erscheinen und mit einer gelblichen grumösen Materie erfüllt sind.

Sie entstehen aus einer Epidermiszelle, welche anfangs nur sehr wenig gewölbt erscheint (Fig. 399), sich indess im Fortwachsen beträchtlich streckt (Fig. 400) und ihren Cytoblasten stets am Grunde zeigt. Durch Zelltheilung und nachheriges Wachsthum beider Zellen (Fig. 401) ist die weitere Entwickelung vorbereitet. Die oberste Zelle (Fig. 401 a.) schwillt allmählig kugelig an, die untere setzt den Theilungsprocess weiter fort (Fig. 402). Schon frühe, wenn das Haar erst aus zwei Zellen besteht (Fig. 400), ist das Protoplasma der Zellen in rascher Strömung begriffen. Besteht das ganze Gebilde einmal aus 4—5 Zellen, deren oberste, keulenförmige (Fig. 402) zum späteren Köpfchen wird, so beginnt in der genannten Endzelle selbst eine Theilung und zwar zunächst derart, dass sie in 3—4 schmale Tochterzellen zerfällt (Fig. 403). Jede derselben, mit Ausnahme der obersten, theilt sich hierauf in senkrechter Richtung (Fig. 403 a.), so dass sich in der Regel aus der ursprünglichen Köpfchenzelle (Fig. 402) 7 neue gebildet haben. Dieselben sind anfangs sehr gedrängt und enthalten ausser ihrem Cytoblasten nur Protoplasma, bald jedoch bildet sich in ihnen eine körnige gelbe Materie aus (Fig. 404), welche sich durch Schwefelsäure chromgelb färbt.

Die Zellen erwachsener Haare zeigen äusserst complicirte Protoplasmaströme, welche in 1 Minute meist den Raum von 0,70 Mm. durchlaufen. Ihre Cytoblasten sind sehr robust, man kann in ihnen durch Eisenchlorid beträchtliche Mengen eisengrünenden Gerbstoffes nachweisen, auch ihren Inhalt durch vorsichtige Anwendung von Mineralsäuren zur Contraction bringen. Ihr Inhalt lässt sich mit aller Entschiedenheit als Protoplasma beanspruchen, und ich habe eine Strömung desselben, wie in der Zelle, bereits 1864 bekannt gemacht.*)

*) Weiss, A., Entwickelung des Farbstoffes etc. Sitzungsber. der kais. Acad. der Wiss. 1864. Bd. 49 und 1866. Bd. 54, Taf. IV, Fig. 55—60.

Rhus Cotinus *L.*

(Fig. 199 f. h.)

Die Haare der Pflanze sind mehrzellig und tragen an ihrem Ende ein bereits mit freiem Auge an jungen Stengeln sichtbares rosarothes Köpfchen. Ihre Länge beträgt bei 0,2 —0,4 Mm., die Länge des Köpfchens nicht selten 0,13 Mm., seine Breite 0,05 Mm. Die obersten Stielzellen enthalten im jungen Zustande immer (Fig. 199), im erwachsenen gewöhnlich den gleichen Inhalt wie das Köpfchen, die anderen Protoplasma und häufig ultramarinblaue Farbstoffkugeln (Fig. 199b.). In der Jugend sind alle Zellen des vielzelligen Köpfchens dicht erfüllt mit farblosen, 0,006 Mm. im Durchmesser haltenden Körnern (Amylum) (Fig. 199f.), später tritt in den unteren Zellen derselben gelöster rosarother Farbstoff auf, und die oberen enthalten eine mattgelbe krümliche Materie, oder es ist wohl auch das ganze Köpfchen entweder mit rosarothem Zellsafte oder der gelblichen Materie erfüllt. Selten sind mehr als 4—6 Stielzellen vorhanden und das Verfolgen jüngerer Stadien dieser Haare zeigt, dass die Ausbildung des Köpfchens erst nach dem Entstehen sämmtlicher Stielzellen vor sich geht.

Kalilösung färbt Köpfchen- und Stielzellen in allen Stadien gelb, die zahlreichen Körner (Fig. 199) verschwinden. Jodlösung färbt den Köpfcheninhalt dunkelgelb, nach vorhergegangener Anwendung von Kalilösung damit behandelt, lässt es die Körner sogleich als Amylum erkennen. Durch Schwefelsäure wird der Zellinhalt citronengelb gefärbt. Eisenchlorid lässt in demselben viel eisengrünenden Gerbstoff erkennen.

Neben diesen Köpfchenhaaren kommen an Blättern und jungen Axen noch lange, einzellige, schwach verdickte, spitz endende Haare vor, die gelösten rosa Zellsaft haben, sowie ebenfalls einzellige, mit ausserordentlich starken Cuticularknoten besetzte, spitz endende Haare, deren Inhalt farblos ist.

Guettard*) giebt conische Haare gemischt mit purpurfarbenen Köpfchenhaaren an.

---

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1750. p. 212.

Scrophularia nodosa *L.*

(Fig. 348—Fig. 355.)

Die schirmartigen Köpfchenhaare an den Blüthenstielen gehören zu den allerzierlichsten Haargebilden, die mir unterkamen. Sie bestehen stets aus einer einzigen grossen Stielzelle, welche eine ganz kleine trägt, und endlich einem grossen vielzelligen Köpfchen (Fig. 355). Der Inhalt der Zellen desselben ist ein sehr intensiver blauer oder violetter Farbstoff, selten ist er mattgelb gefärbt. Die einzelnen, das Köpfchen bildenden Zellen stossen oben alle in einem einzigen Punkte zusammen und geben so den Haaren eine völlig schirmförmige Gestalt, wie sie in solcher Schönheit ausser Pinguicula-Arten wohl nur wenige Pflanzen besitzen werden. Die Totallänge dieser Haare beträgt 0,14—0,3 Mm., die Breite an ihrer Basis meist 0,035 Mm., die Länge (Verticaldurchmesser) des Köpfchens bei 0,035 Mm., seine Breite bei 0,064 Mm. In der grossen und kleineren Stielzelle finden sich zerstreute Chlorophyllkörner vor.

Jodlösung färbt die Köpfchen braungelb; Kalilösung, selbst wenn sie noch sehr jung sind (Fig. 251—253) körnig grüngelb, Jodlösung lässt, auch nach Kalilösung angewendet, kein Amylum in ihnen nachweisen, Eisenchlorid eben nur Spuren von Gerbstoff.

Das Haar erscheint zuerst als Papille mit basisständigem Cytoblasten (Fig. 348); während sie wächst, bilden sich zwei Primordialzellen in derselben, daher lagert sich das Protoplasma scheinbar in einer Lamelle durch ihre Mitte und man sieht, zuerst als äusserst feine Linie, eine Membran in dieser Lamelle entstehen (Fig. 349 a.), die bald mit doppelter Contour erscheint (Fig. 350). Die untere Zelle ist die lange Stielzelle des Haares, sie theilt sich nie wieder, wohl aber wächst die obere Zelle etwas in die Länge und Breite und theilt sich später in ihrem unteren Drittel. Das Product dieser Theilung (Fig. 351 a.) ist die kleine Stielzelle unterhalb des Köpfchens (Fig. 355 a.) und es gehört dieselbe demnach eigentlich nicht dem Stiele, sondern ihrer Bildung nach dem Köpfchen an. Noch etwas später sieht man die mittlerweile rundlich zu einem einzelligen Köpfchen ausgewachsene Endzelle (Fig. 351), durch Verticaltheilung in zwei Zellen zerfallen (Fig. 352),

deren eine sich bald wieder theilt (Fig. 353) und diese Theilung der Köpfchenzellen wird immer weiter fortgesetzt (Fig. 354), bis die Zahl derselben vollständig ist (Fig. 355).

In den ersteren Stadien (Fig. 348—353) führen sämmtliche Zellen farblosen Inhalt, ist indess einmal das Köpfchen 3—6zellig geworden (Fig. 354), so tritt im Inhalte der Zellen desselben gelöster violetter Farbstoff auf, der nach und nach so intensiv wird, dass das Köpfchen fast schwarz erscheint und dass man überhaupt die Zellcontouren des fertigen Köpfchens nur schwer deutlich wahrnimmt, weshalb denn auch alle bisherigen Abbildungen die Köpfchen der Haare von Scrophularia nodosa als einzellig darstellen. Zugleich mit dem Erscheinen des erwähnten violett-rosa Zellsaftes beginnt die Chlorophyllbildung in der Stielzelle, ja nicht selten erscheinen einzelne Chlorophyllkörner auch in der kleinen, ihrer Entwickelung nach, wie ich zeigte, dem Köpfchen angehörigen Zelle (Fig. 355a).

Guettard*) giebt für Scrophularia viele conische, weisse, mehrzellige Haare von verschiedener Länge an, die manchmal in der Mitte gebrochen erscheinen. Nebstdem haben alle Arten Köpfchenhaare an den Blättern und Blüthenstielen. Das Köpfchen ist purpurfarben, violett oder farblos. Ueberdies kommen noch kugelige Köpfchenhaare von der Farbe der Blätter vor und diese sollen einen Saft secerniren, der bei manchen Arten beim Erhärten weiss wird. Meyen**) giebt Abbildungen der Köpfchenhaare, die in allen ihren Theilen ganz unrichtig sind. Die streifige Textur ihrer Membranen, die Meyen auch für Primula sinensis, Antirrhinum majus etc. angiebt, sind keine Streifen in der Membran, sondern die Zellwände der einzelnen, von Meyen übersehenen Köpfchenzellen, daher denn auch diese Haare nicht in die Kategorie seiner „einfachen" Drüsen fallen können.

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1751. p. 388.
**) Secretionsorgane. S. 32, Taf. II, Fig. 33—37.

β) mit aus mehreren Zellreihen gebildetem Stiele (zusammengesetztem Stiele).

Tellina grandiflora *Dougl.*

(Fig. 368 — Fig. 370.)

An den Blattstielen finden sich zahlreiche, eigenthümliche Köpfchenhaare (Fig. 368). Sie kommen in den allerverschiedensten Dimensionen vor und die grösseren bestehen wie die Haare von Ribes grossularia (Fig. 199 d. c.), Lactuca-Arten (Fig. 408) etc. aus einem durch sehr zahlreiche Zellen gebildeten Stiele, der ein vielzelliges Köpfchen trägt (Fig. 368). Die den Stiel bildenden Zellen sind, mit Ausnahme der unmittelbar an das Köpfchen stossenden, sehr langgestreckt, so dass bei nicht gar grossen Haaren der Stiel selten von mehr als 2—3 Zelllängen gebildet wird. Sie führen zahlreiche Chlorophyllkörner in ihrem Inhalte und die Cytoblasten sind selbst in alten Haaren in denselben noch wahrzunehmen. Das Köpfchen ist immer aus mehreren Zellen zusammengesetzt, deren Inhalt eine farblose, grobkörnige Materie bildet. Dabei haben insbesondere die oberen Köpfchenzellen das Eigenthümliche, dass sie fast immer Fortsätze, Ausstülpungen oder Aussackungen haben, welche fast immer rundlich sind, und bei flüchtiger Betrachtung dem Köpfchen den Anschein geben, als sässen grössere und kleinere Körner an der Aussenseite desselben. — Nicht selten ist das erwachsene Köpfchen von rosarothem Farbstoffe erfüllt und im jugendlichen Zustande (Fig. 370) sind fast alle Köpfchen mehr oder weniger rosa gefärbt.

Was die Grössenverhältnisse dieser Haare betrifft, so sind kleinere 0,08 - 0,22 Mm. lang, an ihrer Basis 0,04—0,05 Mm. breit, ihre Köpfchen 0,023 Mm. im Durchmesser; bei grösseren Haaren steigt die Länge auf 1,0—1,14—2,0—2,48 Mm. und mehr, ihre Breite an der Basis auf 0,10—0,13—0,20—0,23 Mm. und mehr. Die Köpfchen sind aber selten über 0,03 Mm. gross.

Jeder Zahn des Blattrandes der Pflanze ist durch ein solches Haar gebildet und geschlossen.*) Alte Haare haben häufig gelb-

*) Ueber den anatomischen Bau des Blattrandes werde ich demnächst ausführlich handeln; die sog. Zähnung desselben ist meist durch Haargebilde hervorgebracht, was ich hier eben nur erwähnen wollte.

braune Köpfchen und dieselben erscheinen meist theilweise zerstört und collabirt. Mit Kalilösung behandelt, werden die Köpfchen gelb; die Contouren der zusammensetzenden Zellen, die man früher kaum erkennen konnte, erscheinen alsdann recht deutlich; nach längerer Einwirkung erscheinen die kleinen Zellen unterhalb des Köpfchens gelbgrün gefärbt und die Köpfchen selbst entfärben sich allmählig, während der Inhalt der Stielzellen sich gewöhnlich blau (körnig) zu tingiren beginnt. Fügt man nach der Behandlung mit Kalilösung Jodlösung hinzu, so zeigt sich im Köpfchen grosser Amylumgehalt, desgleichen in den Oberhautzellen zwischen den Haaren; Gerbstoff ist weniger in ihnen enthalten.

In ganz jungen Stadien (Fig. 370) erscheint das Köpfchen einzellig; im Inhalte desselben findet sich neben Protoplasma ein rosa Farbstoff und grosse Chlorophyllkörner, deren Unterlage Stärke ist, der Stiel besteht da erst aus 3—4 kleinen Zellen. Später (Fig. 369) erfolgt eine Theilung der Köpfchenzellen; die Stielzellen wachsen sehr rasch und weitaus vorwiegend in die Länge, es findet wohl auch eine weitere Theilung derselben statt. Wenn das Haar schon ziemlich weit ausgebildet ist, beginnen erst die Köpfchenzellen sich auszustülpen und der rosa Farbstoff verschwindet mehr und mehr aus ihrem Inhalte.

Meyen*) giebt eine durchaus falsche Abbildung dieser Haare, insbesondere sind Gestalten, wie die in seinen Fig. 21 und 23 gegebenen, nicht vorkommend; dass er die Ausstülpungen der Köpfchenzellen für anhaftende Körner ansieht, ist beinahe verzeihlich, da die Contouren der Köpfchenzellen schwer sichtbar sind. Das Oeffnen derselben, wie es Meyen (Fig. 18, Taf. IV) für ein einzelliges Köpfchen, wie solche bei der Pflanze nie vorkommen, angiebt, ist gewiss nichts weiter als ein Collabiren der oberen Köpfchenzellen oder ein durch das Präpariren zerstörtes Haar. Die Contouren der Stielzellen sind in sämmtlichen Figuren ganz unrichtig gegeben, ebenso die relativen Dimensionen zwischen Köpfchen und Stiel. In der Erklärung der Abbildungen (S. 89) sagt Meyen, im Texte werde ausführlich über diese Haare gehandelt, doch findet sich im ganzen Buche ausser einer kaum zeilenlangen Angabe ihrer Gestalt nichts Weiteres über diese Haare vor.

*) Secretionsorgane. Taf. IV, Fig. 18—21.

Uhdea bipinnata *Kth.*

Junge Stengel der Pflanze sind ganz zottig von vielen und langen Haaren. Die Mehrzahl derselben sind einfache, conische, sehr robuste Haare, zusammengesetzt aus zahlreichen Zellelementen, welche nur schwach verdickte Wandungen, aber sehr zahlreiche Cuticularknoten besitzen. Der Inhalt der Zellen ist farblos, sie führen zahlreiche Chlorophyllkörner, welche gewöhnlich den Cytoblasten umlagern und zeigen wunderbar schöne Protoplasmaströme. Die Oberhautzellen an der Basis dieser Haare, welche gewöhnlich durch eine oder mehrere kurze Zellen gebildet wird, umspannen die unterste Zelle bis zu $\frac{1}{3}$ ihrer Höhe. Die Dimensionen dieser Haare sind sehr variabel, sie werden 1,9—2,6—3,2—4,5 Mm. lang und an ihrer Basis 0,08—0,1—0,16—0,18 Mm. breit.

Zwischen diesen Haaren stehen äusserst zierliche Köpfchenhaare. Sie werden gebildet aus einem von zahlreichen Zellen gebildeten und im Habitus den Tellina-Haaren (Fig. 368) sehr ähnlichen Stiele, dessen Zellen nach oben in eine einfache Zellreihe übergehen und am Ende ein vielzelliges Köpfchen tragen, welches mit rosarothem Farbstoffe, mehr oder weniger intensiv, erfüllt ist. Die Stielzellen zeigen ausserordentlich zahlreiche Chlorophyllkörner, die von der Strombewegung des Protoplasmas in jungen Haaren durch die Zelle geführt werden. Die Länge dieser Haare beträgt 0,5 – 0,6—0,7—0,75 Mm., ihre Breite an der Basis 0,07—0,08—0,09—0,098 Mm., die Breite des Köpfchens fast constant 0,08 Mm. Die Haare an jungen Blättern zeigen in ihren Zellen eine Anordnung der Chlorophyllkörner wie bei Fig. 75.

Cannabis sativa *L.*

(Fig. 356 — Fig. 366.)

An den Stengeln der Pflanze sitzen sehr robuste, einzellige, sehr stark verdickte conische Haare, welche gegen ihre Spitze zu mit Cuticularknoten bedeckt sind und unten einen grossen Bulbus haben, welcher von den Oberhautzellen umfasst wird; die Verdikkung dieser Haare ist hauptsächlich an der Spitze eine sehr starke und sie sind im Habitus den Haaren von Symphytum officinale (Fig. 37) und anderen Borragineen völlig gleich. Ihre Länge variirt

zwischen 0,12—0,13—0,38—0,5 Mm., der Durchmesser ihres Bulbus zwischen 0,04—0,05—0,096—0,12 Mm.

Die Afterblätter und Blüthenstiele tragen in grossen Massen Köpfchenhaare von ganz eigenthümlicher Art (Fig. 365). Ein mehr oder weniger langer, kegelförmiger Stiel, der aus zahlreichen, grossen, chlorophyllführenden Zellen gebildet ist, und sich nach oben sehr verengt, trägt ein grosses, meist flachgedrücktes, vielzelliges Köpfchen. Der Stiel ist oft unverhältnissmässig lang und schlank, meist jedoch kurz und dick. Die Länge desselben beträgt 0,09—0,17—0,2 Mm., der Durchmesser der Köpfchen meist 0,061 Mm. Dieselben sind erfüllt mit einer körnigen, gelblichen, meist etwas in's Röthliche spielenden Substanz, führen in jüngeren Zuständen wohl auch Oeltropfen (Fig. 364) und die das Köpfchen bildenden Zellen sind in der Regel sehr symmetrisch angeordnet (Fig. 365). An der Ansatzstelle des Stieles (Fig. 365 a.) ist die Farbe meist gelbroth; häufig ist das Köpfchen von einem Meniscus, einer viscösen, stark lichtbrechenden Substanz (Fig. 364), umgeben; dass dieselbe, wie Unger*) meint, von der sich abhebenden Cuticula begrenzt werde, ist mir nicht wahrscheinlich, da eben die Contour dieser Menisken der Einwirkung chemischer Reagentien, welche die Cuticula unberührt lassen, nie widersteht.

Kalilösung färbt die Stielzellen gelb, das Köpfchen röthlich.

Das später so zusammengesetzte Haar erscheint anfangs als kleine über die Oberhaut erhobene Papille (Fig. 356), die sich bald darauf theilt (Fig. 357). Die obere Zelle schwillt alsdann an (Fig. 358), es ist die Mutterzelle der sämmtlichen Köpfchenzellen. Zunächst zerfällt sie, während der ganze Stiel noch aus einer einzigen Zelle besteht, durch Theilung in zwei (Fig. 360) und erst hierauf fängt in der unteren Zelle — der Mutterzelle sämmtlicher Stielzellen — auch eine Vermehrung an (Fig. 359), die sich indess anfangs selten auf mehr als 4 Zellen erstreckt. Manchmal freilich ist das Köpfchen noch einzellig und der Stiel bereits mehrzellig geworden (Fig. 362), wie auch der Fall vorkommt, dass das Köpfchen durch Theilung bereits in 3 oder mehr Zellen zerfallen ist, während die Stielzelle noch einfach verbleibt (Fig. 363).

*) Grundlinien etc. S. 81.

In der Regel indess schreitet die Entwickelung des Köpfchens der des Stieles weit voraus und es ist dasselbe oft schon nahezu fertig gebildet, wenn der Stiel sich noch kaum über die ersten Rudimente erhoben hat (Fig. 361), ein Fall, der zu den seltenen gehört, da sich in der Regel das Köpfchen selbst dort, wo es einzellig verbleibt, erst nach der Bildung der Stielzellen ausbildet. Bei dem weiteren Aufbaue des Stieles nimmt später das Gewebe, worauf er steht, regen Antheil; nachdem er sich nämlich bereits etwas erhoben hat (Fig. 364), findet an oder vielmehr unter seiner Basis eine sehr lebhafte Zellvermehrung statt, die der ursprünglichen Stielzelle eigentlich nicht angehört, deren Product indess einen Zellhügel bildet, auf dem das vielzellige Köpfchen ruht (Fig. 365) und den man sicher nur als den Stiel desselben auffassen kann. Dieser Vorgang, dass nämlich das Gewebe, auf welchem das Haar steht, in Mitleidenschaft gezogen wird und zum Theil das Material des Haares selbst abgiebt, lässt sich bei allen sehr zusammengesetzten Haaren verfolgen, z. B. bei Ribes-Arten (Fig. 199a—d.), Lactuca-Arten (Fig. 408), Drosera-Arten u. A. Wo überhaupt Pflanzenhaare entweder einen sehr vielzelligen Stiel besitzen oder auf Zellhügeln stehen, ist das Material zu den letzteren von der Blatt- oder Stengelsubstanz selber genommen, meist in der Weise, dass die Oberhaut um das Haar und die darunter liegenden Schichten auf einmal in lebhafte Zellvermehrung verfallen.

In den ersten Stadien (Fig. 358—360) ist der Inhalt der Köpfchenzellen farblos und nur Protoplasma; später körnt sich derselbe (Fig. 361), bleibt indess immer noch farblos und erst spät färbt er sich zunächst mattgelb (Fig. 364), später etwas intensiver (Fig. 365). Auch die Chlorophyllbildung im Stiele erfolgt langsam, die ursprünglichen Stadien sind davon frei (Fig. 358—363). Hauptsächlich in jenen Entwickelungsstufen, wo der Stiel noch mässig complicirt erscheint, geht die Absonderung der eigentlichen Secretionsmasse dieser Haare vor sich.

Guettard*) beschreibt die Haare an Hanfstengeln als conische, steife, von einem grossen rundlichen Gestelle getragene Haare. Die

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1748. p. 445.

Köpfchenhaare der Afterblätter und Blüthenstiele kennt er nicht. Unger*) bildet dieselben ab, doch sind die kleinen Zellen, welche in seiner Figur das Köpfchen vorstellen, nicht dieses, sondern nur die obersten Stielzellen; die Köpfchenzellen (Fig. 365) dieser Haare sind nämlich immer lang, etwa wie die der Haare von Scrophularia nodosa (Fig. 355), es scheint daher Unger's Abbildung ein altes Haar zu Grunde gelegen zu haben, dessen Köpfchen bereits zerstört war. Später**) gedenkt er der Drüsen des Hanfes als bestehend aus einem Häufchen kugelförmiger kleiner Zellen, welche von einer stielförmigen Unterlage getragen werden, die wie ein Haar auf der Epidermis sitzt. Die Absonderung einer unangenehm riechenden, schmierigen Substanz erfolgt, indem zugleich die diese Zellen bekleidende Cuticula abgehoben (?) und in Kugelform ausgedehnt wird. Bei Berstung derselben fliesst die Secretionsmasse frei ab.

Lactuca Scariola *L.*

(Fig. 255 und Fig. 405 — Fig. 408.)

Ausgebildete Stengel und Blätter haben meist als Zwillinge auftretende Köpfchenhaare. Der Stiel derselben ist aus zahlreichen, langgestreckten, in mehreren Reihen liegenden Zellen gebildet, welche reichlich Protoplasma besitzen und hier und da Chlorophyllkörner zeigen; Cytoblasten fehlen ihnen nie. Auf diesem Stiele sitzt ein verhältnissmässig kleines, mit gelöstem rosa Farbstoffe erfülltes vielzelliges Köpfchen (Fig. 308). Die Länge dieser Haare beträgt 1,14—2,1—2,2 Mm. und mehr, ihre Breite an der Basis 0,05—0,09 Mm., an der Anhaftungsstelle des Köpfchens fast constant 0,02 Mm., die Länge des Köpfchens 0,06 Mm., die Breite desselben 0,04—0,05 Mm. Oft sind diese Köpfchenhaare knieförmig gebogen, stehen auch wohl einzeln, selten zu dreien auf einer gemeinschaftlichen Basis.

Das Köpfchen bildet sich erst sehr spät, nachdem bereits der Stiel völlig fertig ist. Im zu jener Zeit spitzen Ende des Haares (Fig. 405) erfolgt dann eine Zelltheilung und ein kugelförmiges An-

*) Sitzungsb. der kais. Academie der Wiss. in Wien. 1857. Bd. 24, S. 424.
**) Grundlinien etc. 1866. S. 87, Fig. 90.

schwellen der einzelnen Zellen (Fig. 406) zugleich mit dem Auftreten eines gelösten rosa Farbstoffes im Inhalte. Die Zellvermehrung und das Intensiverwerden des Farbstoffes dauern fort (Fig. 407), bis das Köpfchen ganz gebildet ist (Fig. 408). Anfangs führen die Zellen desselben, wie die des Stieles Chlorophyllkörner (Fig. 405—407). Sie enthalten sehr viel Gerbstoff, der in den Stielzellen nur spärlich auftritt.

Ganz junge Blätter und Stengel sind von dicht aneinanderstehenden Haaren filzartig bekleidet. Diese Haare sind ausserordentlich lang, vielzellig, die Zellen sehr stark und so eigenthümlich ausgebuchtet, dass sie sich gegen die Spitze des Haares zu nur mit sehr kleinen Flächen berühren (Fig. 255). Gegen die Basis desselben werden sie gerade gestreckt. Sie enthalten sehr viel Protoplasma und eisengrünenden Gerbstoff. Dieser Haarfilz hat nur kurze Dauer, er stirbt bald ab und nur die Narben der Haare bleiben in der Oberhaut zurück. Aeltere Stengel sind lediglich mit Köpfchenhaaren bedeckt.

Ribes Grossularia *L.*

(Fig. 110 und Fig. 199 a—d.)

Die Haare dieser Pflanze gehören zu den sonderbarsten Gebilden, welche überhaupt vorkommen. An den Knospen ganz junger Blätter stehen zunächst einzellige, schwach verdickte, aber mit zahlreichen Cuticularknoten besetzte, spitz endende Haare (Fig. 110). Ihre Länge variirt zwischen 0,38—0,76—1,00 Mm., ihre Breite an der Basis zwischen 0,012—0,033 Mm.

Zwischen ihnen treten robuste Köpfchenhaare auf. Sie bestehen aus einem vielzelligen, an seiner Basis 0,058—0,086—0,097 Mm. breiten Stiele, der sich weiter aufwärts bis zu 0,026—0,042 Mm. verdünnt, und dort ein rundes, vielzelliges Köpfchen von 0,067—0,082 Mm. Durchmesser trägt. Die Stielzellen enthalten viel Protoplasma und zahlreiche Chlorophyllkörner, dort wo das Köpfchen sich ansetzt, auch wohl Zellen erfüllt mit gelöstem rosa Farbstoffe. Der Inhalt des Köpfchens besteht aus einer grobkörnigen, mattgelb gefärbten Substanz in einem meist blassroth gefärbten Zellsafte. Jodlösung färbt diese Köpfchen braunroth, Kalilösung grün.

Im jugendlichen Zustande enthalten Stiel und Köpfchen, welche sich gleichzeitig ausbilden, nur Protoplasma.

Am Grunde der Blattstiele stehen Köpfchenhaare von weitaus grösseren Dimensionen. Ihre Länge beträgt da 0,7—1,9—2,7—3,1 Mm., ihre Breite an der Basis 0,06—0,13—0,15 Mm., unter den Köpfchen 0,038—0,05 Mm. Im Baue sind sie den oben erwähnten Köpfchenhaaren gleich. Nicht selten sind diese Haare Zwillinge und dann oft noch grösser, sie stehen wohl auch mit vielzelligen sehr langen conischen Haaren und den ersterwähnten einzelligen Knospenhaaren (Fig. 110) zusammen auf einem und denselben Zellhügel. Die sonderbarsten Haarformen finden sich indess am Blattrande. Sie bestehen aus einem vielzelligen, unten bis 0,1 Mm. breiten Stiele, der entweder durch eine lange, stark cuticularisirte Zelle, die den oben genannten einfachen Haaren (Fig. 110) identisch ist, geschlossen wird (Fig. 199c.), oder aber ein vielzelliges Köpfchen trägt (Fig. 199 d.). Seitwärts entspringen am Hauptstiele noch einzelne kurzgestielte Köpfchen oder lange stark cuticularisirte Zellen (Fig. 199c.), auch wohl beide zusammen (Fig. 199 d.), so dass man in der That diese Haare als Complexe mehrerer Haare betrachten kann.

Nichtsdestoweniger sind sie, wie der Verfolg ihrer Entwickelungsgeschichte lehrt, keineswegs als Theile des Blattes aufzufassen, sondern reine Epidermoidalbildungen. Man sieht sie, wie andere einfache Haare, zuerst als kleine Papille mit grundständigem Cytoblasten erscheinen (Fig. 199b.); später besteht der Stiel aus zwei Zellreihen und das Köpfchen beginnt in seiner Anlage sich zu bilden (Fig. 199a.). Hierauf tritt eine Periode äusserst rapider Zellvermehrung ein, an welcher das Mesophyll in der Umgebung der Haare theilnimmt.

Guettard*) giebt für die Pflanze cylindrische Haare und Köpfchenhaare an; Schrank's**) Abbildung derselben ist völlig unbrauchbar, dagegen die von Eble***) gegebene wohl sehr klein, aber recht treu.

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1747. p. 558.
**) Nebengefässe. Taf. I, Fig. 25.
***) Lehre von den Haaren. Taf. II, Fig. 23.

Acacia viscosa *Wendl.*

(Fig. 371.)

Eine ganz eigenthümliche Kategorie der Köpfchenhaare bilden jene eigenthümlichen keulenförmigen Gebilde, welche bei Rosa-, Acacia-Arten etc. so häufig Axen- und Blattorgane bedecken. Ihren oberen Theil kann man sehr wohl als ein ausserordentlich vielzelliges Köpfchen auffassen, denn das Gewebe desselben ist immer in Gestalt, Grösse etc. mehr oder weniger von dem des Stieles verschieden, zeichnet sich auch durch seine eigenthümliche secernirende Thätigkeit aus. Acacia viscosa hat sie in grossen Mengen an jungen Stielen und Kelchen. Ihr Obertheil (Fig. 371) besteht aus zahlreichen, zartwandigen Zellen, welche gelösten carminrothen Inhalt besitzen und eine schmierige Substanz secerniren, welche den ganzen Stengel klebrig macht. Sie erscheinen zum Theil als kugelige, mehr oder weniger grosse, stiellose Köpfchen, oder aber es wird ein grösseres Köpfchen von einem mehr oder weniger langen Stiele getragen (Fig. 371). In diesem Falle sind die Stielzellen stets weit grösser und gestreckter als die das Köpfchen bildenden, auch erfolgt die erwähnte Secretion lediglich in diesem oberen, kleinere Zellelemente besitzenden Theile, daher man ihn unstreitig als Köpfchen, das ganze Haar als Köpfchenhaar bezeichnen muss. Das Gleiche gilt übrigens von den analogen Bildungen der Rosa centifolia (Fig. 382).

Die Dimensionen dieser Haare sind sehr verschieden; an den Kelchen werden sie bis 0,8 Mm. lang und an ihrer Basis bei 0,2 Mm. breit; der Durchmesser des Köpfchens solcher langstieligen Haare steigt indess selten über 0,096—0,14 Mm.

In der Jugend sind sie farblos, bei den gestielten ist es der Stiel selbst dann noch, wenn das Köpfchen bereits intensiv rosa gefärbt ist; erst später färbt sich die Mittelpartie des Stieles rosa und diese Färbung schreitet allmählig nach der Peripherie desselben weiter. Die Bildung des Farbstoffes geht daher in den Köpfchenzellen vor sich und wird erst von dort den Stielzellen mitgetheilt.

An der Narbe sitzen mehrzellige (meist zweizellige) spitz en-

dende, farblose, dünne Härchen. Ihre Länge beträgt 0,19—0,4 Mm., ihre Breite an der Basis 0,004—0,01 Mm.

Nach Guettard*) haben Acacia-Arten napfförmige Drüsen, die mehr oder weniger gerundet sind, eine wohl nur für die wenigsten Species zutreffende Angabe. Meyen**) bildet die Haare ziemlich gut ab. Er findet, dass diese Drüsen als kleine Auswüchse über die Oberfläche der Epidermis hervortreten, dass sie anfangs, selbst bei bedeutender Grösse, ganz glatt (?) und ohne Absonderung sind und dass erst später, wenn sie die gehörige Entwickelung erreicht haben, diese Absonderung über ihrer ganzen Oberfläche erfolgt und zwar so reichhaltig, dass der ganze Stengel damit bedeckt ist. Man kann den allmähligen Uebergang der Zellen der Epidermis in die Epidermis (?) der Drüse verfolgen, von einem Zerreissen der Oberhaut und einem Hervortreten der Drüse durch den Riss derselben, wie dies De Candolle angeführt hat, ist nichts zu bemerken. In vollkommener Ausbildung sind sie dunkelbraunroth.

Rosa centifolia *L.*

(Fig. 382.)

Den Köpfchenhaaren von Acacia viscosa (Fig. 371) ähnlich sind die an den Blattstielen der Rosa centifolia (Fig. 382). Sie sitzen theils stiellos auf der Epidermis und haben dann eine mehr oder weniger kugelige Gestalt; ihre Länge beträgt 0,096—0,19 Mm., ihre Breite 0,08—0,11 Mm., oder aber sie sitzen auf einem bis 0,3 —0,4—0,56 Mm. langen Stiele. Im letzteren Falle sind die Stielzellen viel länger als die des Köpfchens, sie führen zahlreiche Chlorophyllkörner, während die Zellen des Köpfchens immer mehr oder weniger intensiv rothen gelösten Farbstoff enthalten (Fig. 382).

In der Jugend sind alle Zellen farblos und mit Protoplasma erfüllt.

Der Erste, der diese Haare näher untersuchte, war wohl Daniel.***) Er beobachtete sie 1676 an den Knospen der Rose und fand — was man, nebenbei gesagt, schon mit freiem Auge sieht — dass es keine spitzig zulaufenden Haare, sondern gleichsam umge-

*) Mémoires de l'acad. de Paris. 1749. p. 327.

**) Secretionsorgane. S. 48, Taf. VI, Fig. 7—12.

***) Wahrnehmungen der Kais. (Leopold.) Academie der Naturforscher. Th. VIII.

kehrte Fläschchen oder mit Saft angefüllte kolbenförmige Röhrchen(?) seien, die sich bald in einen runden, bald länglichen Bauch endigen und einen öligen Saft in sich enthalten. Auf glühende Kohlen geworfen, verbreiteten sie Rosengeruch. Ledermüller*) beschreibt sie als spitze Kegel, welche oben eine rubinrothe Glaskugel (!) tragen, und glaubt, dass in ihnen der rothe Nahrungssaft zur Bildung der Dornen enthalten sei, er war demnach auch in der Kenntniss dieser Gebilde nicht besonders weit gekommen, und erst Meyen**) hat sie ziemlich treu abgebildet und beschrieben.

IV. Allgemeine Beobachtungen.***)

Der Verfolg der Entwickelung und des Baues der Pflanzenhaare, wie ich ihn im Vorhergehenden gegeben, hat mich naturgemäss zu dem Eingehen in eine Reihe von Fragen genöthigt, welche der Physiologie der Pflanze als solcher angehören, und nicht blos speciell für Haargebilde ihre Geltung und Bedeutung haben.

Es wurde die Untersuchung der Pflanzenhaare von mir von vorne herein auch hauptsächlich deshalb unternommen, weil mir neben Algen die Pflanzenhaare als das geeignetste Object erschienen, Zellbildung und Zellwachsthum, Chlorophyll-, Amylumentstehung etc., unbeirrt von vielen Factoren, die im sogenannten geschlossenen Gewebe so schwer zu eliminiren sind, studiren und über diese Punkte in's Klare kommen zu können, und ich glaube, mich darin nicht geirrt zu haben.

Definition und Eintheilung der Pflanzenhaare. Ich

*) Mikroskopische Gemüths- und Augenergötzung. 1763. S. 156, Taf. LXXX.

**) Secretionsorgane. Taf. VI, Fig. 13. 14.

***) Bei der Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit des Details im Wachsthume, der Entwickelung etc. der Pflanzenhaare kann ich mich in diesem vierten Theile nur auf die allgemeinsten Umrisse der von mir im dritten Theile gegebenen Beobachtungsdaten beschränken und muss daher gleich Eingangs erwähnen, dass alle die verschiedenen Modificationen, welche Entwickelung etc. der Pflanzenhaare bei verschiedenen Formen dieser Gebilde zeigen, nicht hier, sondern im dritten Theile zu suchen sind.

habe gezeigt, dass alle Haarformen, die einfachsten wie die zusammengesetztesten, aus einer einzigen Oberhautzelle entstehen. Es folgt daraus, dass die Pflanzenhaare der Oberhaut als solcher angehören, also Epidermoidalbildungen im engsten Sinne des Wortes sind. Dass bei sehr robusten Pflanzenhaaren (Drosera, Ribes etc.) das Parenchym des Organes, worauf sie stehen, später mit in ihre Bildung eintritt, ändert daran nichts.

Ich nenne ein Pflanzenhaar ein aus der directen Vermehrung und Verlängerung einer Oberhautzelle nach Aussen entstandenes und aus den Producten einer einfachen Theilung dieser primären Oberhautzelle wenigstens die erste Zeit allein bestehendes Gebilde, welches fadenförmig, einzellig oder mehrzellig, einfach oder verästelt sein und aus gleichwerthigen oder ungleichwerthigen Zellen bestehen kann, dabei entweder nur an seiner Spitze oder nur an seinem Grunde oder aber an allen Theilen neue Zellen zu erzeugen vermag.

Nach dieser Definition zerfallen daher die Pflanzenhaare in zwei grosse Abtheilungen. In der ersten stehen alle jene, welche durchwegs aus Zellen zusammengesetzt sind, die man als gleichwerthige bezeichnen kann. Solche nur aus gleichwerthigen Zellen bestehende Haare nenne ich gewöhnliche Haare. Sie können in ihrer Art sehr einfach (Fig. 30, 100, 225), auch einzellig sein (Fig. 87, 106, 113, 175 etc.), oder aber von mehr oder weniger complicirtem Baue (Fig. 75, 137, 143, 151, 182, 199c. etc.).*) Die zweite grosse Abtheilung begreift alle Haare, deren Zellen nicht sämmtlich gleichwerthige genannt werden können. Die Zellen der einen Art [oft ist es eine einzige (Fig. 211, 372 etc.) oder zwei (Fig. 233, 307 etc.) oder mehr (Fig. 309, 355 etc.)] sind nun entweder auf den Endtheil des Haares beschränkt und bilden dort einen auch gestaltlich mehr oder weniger von den übrigen unterschiedenen Complex, der seinem Inhalte nach wesentlich verschieden ist und der Bereitung eigenthümlicher

*) Dass einzelne Zellen, besonders häufig die Endzelle (Fig. 151, 190 etc.), in erwachsenen Haaren oft durch Grösse, Gestalt etc. sich auszeichnen, macht sie begreiflicherweise noch nicht zu ungleichwerthigen Zellen, ebensowenig wenn in der einen Zelle Amylum- oder Chlorophyllkörner u. dgl. vorkommen, die in den anderen öfters fehlen (Fig. 62, 74, 99, 154, 244 etc.).

Stoffe dient. Solche Haare nenne ich wegen der Gestalt dieses Zellcomplexes Köpfchenhaare. Oder die erwähnten Zellen umschliessen einen grössern im Innern des Haargebildes befindlichen Behälter, der sich mit der bereiteten Substanz füllt. Diese nur bei Dictamnus bekannten Haare nenne ich Drüsenhaare.

Man hat jene Haare, welche ich eben als Köpfchenhaare definirte, gewöhnlich gestielte Drüsen oder Drüsenhaare genannt und sie ganz von den anderen Haaren getrennt, indem man dieselben gar nicht wie jene unter den Anhangsorganen der Oberhaut behandelte, sondern bei den inneren sogenannten Drüsen der Pflanzen,*) dieselben übrigens in eine Reihe mit den erwähnten Dictamnus-Haaren stellte. Es bilden indess die bei Dictamnus bekannten Haare eine so ganz eigene Kategorie, dass man sie unmöglich mit den Köpfchenhaaren zusammenwerfen und mit dem gleichen Namen bezeichnen kann. Wenn ich ihnen, im Gegensatze zu den Köpfchenhaaren, den Namen Drüsenhaare beilege, so geschieht es, weil sie von allen Haarformen die einzigen sind, welche eine, den sogenannten inneren Drüsen der Pflanzen analoge Bildung in sich tragen.

Die weitere Eintheilung der Haargebilde ergiebt sich aus der Gestalt und dem Baue derselben von selbst. Wir erhalten dann:

Pflanzenhaare.

A. Alle Zellen gleichwerthig = gewöhnliche Haare.

I. Einzellige.

a) conische (Fig. 110),
b) cylindrische (Fig. 331),
c) tonnenförmige (Fig. 330),
d) keulenförmige (Fig. 113),
e) sichelförmige (Fig. 87),
f) schützenförmige (Fig. 105) etc.

---

*) Unger, F., Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1855.
Unger, F., Grundlinien der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1867.
u. A.

II. Mehrzellige.

1) einfache, aus einer einzigen über einander gebauten Zellreihe bestehend.

a) fadenartige:

α) conische (Fig. 58),

β) rosenkranzförmige (Fig. 30),

γ) hackmesserförmige (Fig. 73),

δ) schwertförmige (Fig. 155),

ε) flaschenförmige (Fig. 199 e.),

ζ) knieförmige (Fig. 74) etc.

b) verästelte (Fig. 143),

c) büschelförmige (Fig. 145),

d) sternförmige (Fig. 161),

e) Tförmige (Fig. 62) etc.

2) zusammengesetzte, Theile oder das ganze Haar aus mehreren, neben einander liegenden Zellreihen bestehend (Fig. 75, 151, 154, 182, 199c.).

B. Die Zellen nicht alle gleichwerthig.

I. Die Zellen der einen Art zu einem sphärischen Complexe am Ende des Haares vereinigt = Köpfchenhaare.

a) Köpfchen einzellig.

α) Stiel einfach (Fig. 211),

β) Stiel zusammengesetzt.

b) Köpfchen mehrzellig.

α) Stiel einfach (Fig. 197),

β) Stiel zusammengestzt (Fig. 371, 408).

II. Die Zellen der einen Art, einen grösseren im Innern des Haares befindlichen Behälter umschliessend = Drüsenhaare.

Wenn Pflanzenhaare mit einander ganz oder theilweise verwachsen, so entstehen Schuppen u. dgl. von mehr oder minder zusammengesetzter Art. Köpfchenhaare von sehr geringen Dimensionen kann man Glandeln, gewöhnliche Haare von sehr robustem Baue Borsten nennen.

Vorkommen und Vertheilung der Haare. Haarbildungen gehören zu den verbreitetsten Vorkommnissen am Pflanzenkörper

und man hat sie bereits so zu sagen an allen Pflanzentheilen aufgefunden. Am häufigsten kommen sie an Blattorganen vor, bei Stammorganen sind wieder die Blüthenstiele am meisten von ihnen bekleidet. Dass junge Pflanzen dichter behaart sind als erwachsene, dass die Blüthentheile häufig einen ganz ausserordentlichen Haarreichthuum besitzen etc., hat zum grossen Theile seinen Grund darin, dass in diesen Fällen die einzelnen Theile der Pflanze noch nicht so weit aus einander gerückt sind, wie es später geschieht, oder dass die Internodien latente sind und bleiben, daher denn auch auf gleichen Oberflächenstücken mehr Haare stehen müssen als dort, wo diese Stücke durch Wachsthum, Streckung etc. weitaus grössere Flächenräume einnehmen. In der Regel finden sich mehrere verschiedene Haarformen an einer und derselben Pflanze, ja an einem und demselben Theile derselben Pflanze vor. Oft betrifft diese Verschiedenheit nur die Grösse, oft aber auch die Gestalt, den Inhalt etc. der Haare. Nichtsdestoweniger sind gewisse Haarformen unverkennbar vorzüglich gewissen Pflanzentheilen eigen, ohne dass sie jedoch auf anderen stets fehlen müssten. So kommen keulenförmige (Fig. 113), tonnenförmige (Fig. 330) und rosenkranzförmige Haare (Fig. 30) hauptsächlich an der Blüthe und ihren Theilen vor, Tförmige Haare (Fig. 45) in der Regel beim Haarfilze vieler Pflanzen u. s. w. Das Gleiche zeigt sich bei gewissen Pflanzenfamilien und Ordnungen. So sind Büschelhaare (Fig. 144, 145, 184) charakteristisch für Hibiscus-, Helianthemum-, Marrubium-, Cistus-, Alcaea-Arten etc., verästelte Haare (Fig. 137, 143) für Verbascum-, Phlomis-, Nicandra-Arten etc., zusammengesetzte Haare (Fig. 151, 156, 199) für Hieracium-, Acacia-, Ribes-Arten etc. Die Gramineen haben fast ausnahmslos einfache, conische Haare, desgleichen die Papilionaceen; bei Borragineen sind wieder einzellige, robuste, sichelförmige Haare (Fig. 87) die charakteristischen u. s. w.

Dass die Behaarung der Pflanze sehr abhängig ist von äusseren Momenten, als Klima, Standort u. dgl., und dass sie mit einer Veränderung derselben sich ebenfalls wesentlich ändert, ist eine Thatsache, die durch zahlreiche Beobachtungen feststeht, wenn auch die Meinungen bezüglich des Grundes, warum diese Veränderungen eintreten, noch sehr aus einander gehen, wie dies nicht anders sein

kann, nachdem bezüglich der Functionen der Pflanzenhaare gerade die entgegengesetztesten Ansichten Verfechter gefunden haben. So viel ist sicher, dass dieselbe Pflanze haarig wird, wenn sie von einem feuchten Standorte in dürren trockenen Boden versetzt wird und umgekehrt. Die kahlen Scheiden vieler auf feuchten Wiesen stehender Gräser werden behaart, wenn sie in dürrem Boden zu wachsen gezwungen werden, Laserpitium pruthenicum verliert auf feuchtem Standorte die Haare. Dasselbe gilt bei einer Versetzung aus kaltem gebirgigen Orte in feuchten warmen Boden. Die Alpenpflanzen, die sibirischen Gewächse etc. verlieren, in unseren Gärten cultivirt, ihre Behaarung, Cichorium dulce, in Neapel gebaut, ist kahl, im Gebirge wachsend, behaart, desgleichen Brassica oleracea und maritima. Ueberhaupt sind die Pflanzen, welche in kaltem oder in heissem Klima, an dürren Orten wachsen, meist rauhhaarig, während Arten derselben Gattung, die in der Ebene oder an feuchtem Standorte leben, kahl sind. So ist Ranunculus glacialis und lanuginosus behaart, Ranunculus Lingua, Flammula, sceleratus glatt; Veronica Beccabunga, Anagallis und scutellata, an Bächen und Quellen wachsend, sind kahl, dagegen Veronica verna, triphyllos, praecox, officinalis, auf steinigem, trockenem Boden behaart; die Labiaten, Borragineen, die Hieracium-, Inula-, Gnaphalium-, Verbascum-, Digitalis-, Arenaria-Arten etc., die alle meist trockenen warmen Boden lieben, sind fast alle haarig, dagegen die meisten Umbelliferen, Portulaceen-, die Lysimachia-, Hottonia-, Gentiana-, Ranunculus-Arten, Nymphaeen, Najadeen, die Potamogeton-Arten etc., welche feuchte Orte, wohl auch das Wasser bewohnen, mehr oder weniger kahl.

Physiologische Bedeutung und Nutzen der Haare. Die Art und Weise, wie die Behaarung von äusseren Verhältnissen abhängig ist und sich mit diesen ändert, giebt uns wohl den richtigsten Fingerzeig zur Ergründung der physiologischen Bedeutung der Pflanzenhaare und man wird bei reiflicher Erwägung aller uns bekannten Thatsachen wohl kaum in Zweifel sein können, welches die Hauptfunctionen dieser Gebilde sein müssen, wenn man sich dazu einige rein physicalische Gesetze vor Augen hält.

Eine nicht behaarte Pflanzenoberfläche ist eben, glatt, eine behaarte uneben, rauh. Da nun die meisten Pflanzentheile mit atmo-

sphärischer Luft in Berührung stehen, so muss bei einer behaarten Oberfläche zwischen den Haaren stets eine Luftschicht gefangen zurückgehalten werden. Jähe Temperaturwechsel können in Folge dieser gefangenen Luftschicht nur sehr gemildert auf die behaarten Theile treffen und ebenso werden sehr hohe oder sehr niedere äussere Temperaturen bei Weitem nicht in ihrer vollen Stärke auf diese Theile wirksam sein können. Die Pflanzenhaare werden daher

1) die Pflanze vor zu grosser Erwärmung oder Erkältung, hauptsächlich aber vor jähem Temperaturwechsel schützen.

Daher das Behaartsein der Pflanzen des hohen Nordens und hoher Gebirge, sowie dürrer, trockener, heisser*) Standorte; daher die Behaarung so vieler zarter, junger Knospen etc. und das Abwerfen der Haare bei erlangter robuster Structur; daher der Mangel von Haaren bei in Wasser lebenden Gewächsen, da dieses ohnehin Temperaturunterschiede etc. ausgleicht. Daher endlich das Behaartwerden sonst glatter Pflanzen, wenn sie in Verhältnisse versetzt werden, wo Temperaturen auf sie einwirken, die sie früher nicht zu ertragen hatten u. dgl.

Die Pflanzenhaare sind eben so viele Spitzen, welche sich von den Theilen, auf denen sie stehen, in das umgebende Medium strecken. Nun kennen wir zwar den Einfluss und die Bedeutung der atmosphärischen Elektricität für die Pflanze noch so gut wie gar nicht, allein wir dürfen wohl mit gutem Grunde annehmen, dass sie eine ganz beträchtliche Rolle im Leben der Gewächse spielen mag. Nun sind Spitzen bekanntlich die geeignetsten Objecte für Ableitung und Einsaugung der Elektricität, wir werden daher, auch ohne die Einwirkung dieses Agens auf die Pflanze zu kennen, behaupten können, dass die Pflanzenhaare

2) den Gewächsen als die geeignetsten Theile zur Ableitung und Einsaugung der atmosphärischen Elektricität dienen.

Die zwischen den einzelnen Haaren dichtbehaarter Pflanzen-

*) In trockenen Wüsten lebende Cactus- und Stapelia-Arten sind unbehaart, doch derartig organisirt, dass sie das Wasser ihres Innern mit enormer Zähigkeit festhalten und gegen Verdunstung schützen.

theile zurückgehaltene (wohl auch condensirte) Luft bringt es mit sich, dass sie einer Benetzung durch Wasser grossen Widerstand entgegensetzen und daher diesen Theilen zum Schutze gegen sie berührende Flüssigkeiten (Wasser) dienen. Andererseits zeigt das Verhalten der Pflanzenhaare bei der Bethauung,*) dass, wenn die Aufnahme des Thauwassers nothwendig wird, dieselbe durch die Pflanzenhaare vorzüglich geschieht. An trockenen dürren Standorten kann das von grosser Bedeutung werden, da die einsaugende Kraft der Wurzeln da oft nicht hinreichend sein mag, die Zellen genügend mit Flüssigkeit zu versorgen. Ueberdies muss bei stark behaarten oder gar verfilzten Pflanzentheilen zwischen den durch die Haare freigelassenen kleinen Lücken der in der Atmosphäre befindliche Wasserdunst condensirt werden und es geben damit die Pflanzenhaare das Mittel, wenigstens einigermaassen an trockenen heissen Standorten die Organe, auf denen sie stehen, vor der austrocknenden Wirkung von Luft und Hitze zu bewahren. Wir können daher weiter folgern, dass die Pflanzenhaare

3) die Landpflanzen vor schädlichem übermässigen Contacte mit Wasser schützen, andererseits aber durch ihre Eigenschaft, zwischen sich Wasserdampf zu condensiren, die Pflanze vor Austrocknung bewahren.

Daher die so allgemeine dichte Behaarung von Pflanzen, die auf kahlen Felsen, hohen Gebirgen, in nordischen Klimaten wachsen, sowie von solchen, die dürre, trockene, heisse Orte bewohnen. Im Allgemeinen wird wohl die Menge des so aufgenommenen Wassers eine nur sehr geringe sein, allein der Umstand der Benetzung so vieler Haare bei Berührung mit Wasser etc. spricht ganz entschieden dafür, dass dasselbe durch sie aufgenommen werden könne, und da mögen wohl auch die kleinen Quantitäten manchmal von grosser Bedeutung sein.

4) Die Pflanzenhaare sind bestimmt, die Oberfläche der von ihnen bedeckten Theile zu vergrössern.

Dies ist in vielen Fällen ein ausserordentlich wichtiges Moment. Junge Pflanzen, deren zarte und wenig zahlreiche Wurzeln oft kaum im Stande wären, genügend Nahrungsstoffe den Geweben

*) Sachs, J., Experimentalphysiologie. S. 159.

zuzuführen, erhalten durch die Behaarung, welche sie so häufig selbst dann zeigen, wenn die erwachsene Pflanze glatt ist, eine wichtige Unterstützung. Die ausgiebige Behaarung, welche so viele Narben zeigen, erleichtert in vorzüglicher Weise die Befruchtung, nicht nur dadurch, dass durch sie die Oberfläche der Narbe ganz enorm vergrössert wird, sondern auch dadurch, dass zahllose Pollenkörner, die der leiseste Luftstrom entführen würde, zwischen den Haaren mit Leichtigkeit zurückgehalten werden. Auch die Befruchtung der Pflanzen durch Insectenbeihülfe, die von so grosser Bedeutung zu sein scheint, wird durch Behaarung der Narben und Staubgefässe wesentlich erleichtert. Gerade viele Pflanzen, bei denen die Befruchtung in Folge der Lage der Blüthentheile sehr schwer stattfinden könnte, lassen sie durch ihre Behaarung mit Leichtigkeit vor sich gehen (Aconitum, Viola, Vicia etc.).

5) **Die Pflanzenhaare dienen der Einsaugung ausdehnsam flüssiger Stoffe, unter denen Wasserdampf eine Hauptrolle spielt, und nehmen daher die ihnen in der Atmosphäre gebotenen Nahrungsstoffe aus derselben auf.**

Directe Versuche, welche Unger*) an behaarten Luftwurzeln anstellte, haben zuerst gezeigt, dass die Haare dort die Ernährung der ganzen Pflanze übernehmen, indem sie aus der Atmosphäre Wasserdunst etc. aufnehmen. Auch die Haare an Blättern, Stengeln etc. müssen schon aus rein physicalischen Gründen die mit ihnen in der Atmosphäre in Contact kommenden Stoffe, Wasserdunst etc. aufnehmen. Die Aufnahme wird bei zartwandigen Haaren, wie sie ausnahmslos im jugendlichen Zustande der Pflanze oder der Organe, auf denen sie stehen, vorkommen, eine unter Umständen sehr bedeutende sein können, wie schon ganz rohe Versuche, die ich zu dem Zwecke anstellte, mich belehrten. Bei Haaren, deren Zellhäute grösstentheils cuticularisirt sind, wird allerdings die Aufnahme mit grösseren Schwierigkeiten verbunden sein und unter Umständen auch wohl ganz unterbleiben, bei sehr vielen dickwandigen Haaren erleichtern indess die zahlreichen Porencanäle, welche die Wandung durchsetzen, in hohem Grade die Aufnahme

*) Unger, F., Sitzungsber. d. Wiener Academie. XII. 349.

dargebotener Stoffe. Karsten*) fand zwischen den Filzhaaren der Palmen eine Gasart, welche durch Ammoniak nicht absorbirt wurde, und schloss daraus ganz richtig, es möchten da die Haare wohl Sammler und Ueberträger der durch die Atmosphäre dargebotenen Nahrungsstoffe sein. Im Allgemeinen wird freilich Wasserdunst der Quantität nach am Bedeutendsten sein,**) allein wenn man bedenkt, welcher enormen Mengen gerade von Wasser jede Pflanze bedarf und wie schwer es ihr nicht selten werden muss, diese Mengen alle aus der Erde zu beziehen, so wird man die grosse Bedeutung der Pflanzenhaare in dieser Richtung nicht unterschätzen können.

Das so allgemeine Behaartsein von Pflanzen auf heissem trockenen Boden, auf nahezu kahlen Felsen, wird dadurch erklärlich, desgleichen das Verlieren der Haare im Freien behaarter Gewächse, sobald sie in Cultur genommen, daher wenn nöthig begossen werden, ferner das Abwerfen der Haare, wenn Pflanzen von trockenen Standorten auf feuchte versetzt werden. Daher das Behaartsein der meisten Gewächse in ihrer ersten Jugend, daher endlich der Mangel der Haare bei Wasserpflanzen u. s. w.***)

*) Karsten, H., Gesammelte Beiträge. S. 107.

**) In geringen Mengen natürlich auch Kohlensäure etc.

***) Man hat seit Rudolphi ganz allgemein angenommen, stark verfilzten Pflanzentheilen gingen die Spaltöffnungen ab. Ich habe schon vor Jahren gezeigt, dass dem nicht so sei, und in den im dritten Abschnitte mitgetheilten Beobachtungen über Pflanzenhaare finden sich zahlreiche Daten darüber, ja es ist mir fast kein Fall bekannt, wo dichtverfilzten Blattunterseiten etc. die Spaltöffnungen fehlten. —

Ich erwähne hier, dass mich Sachs (Experimentalphysiologie S. 245) missverstanden hat, wenn er glaubt, ich hätte mit meinem Schlusse (Pringsheim's Jahrbücher IV, 189), „das Medium, in welchem die Pflanze oder ein Theil derselben sich befindet (Luft, Erde, Wasser), habe keinen Einfluss auf das Entstehen der Spaltöffnungen," denselben eine bestimmte Beziehung zum Gasaustausche etc. absprechen wollen. Im Gegentheile, ich halte die Spaltöffnungen mit ihm für ausserordentlich wichtige Factoren dabei, und wollte an jener Stelle nur sagen, dass dieselben nach meinen mitgetheilten Beobachtungen auch in jenen Medien, wo man vor mir das Auftreten von Spaltöffnungen auf das Bestimmteste leugnete (Erde, Wasser), entstehen könnten und dass daher die Möglichkeit ihres sich Bildens durchaus nicht an das Medium gebunden sei, in dem der Pflanzentheil wachse. — Da die betreffende Stelle meiner Abhandlung in der That in Folge ihrer Fassung leicht missverstanden werden konnte, benutze ich die Gelegenheit, ihr die von mir beim Schreiben beabsichtigte Deutung zu geben.

Neben diesen mehr oder weniger wichtigen, allgemeinen Functionen der Pflanzenhaare haben sie je nach den Organen, die sie bekleiden, noch besondere Zwecke zu erfüllen, die sich unschwer erkennen lassen. So dienen der Pappus der Compositen, die Hackenborsten am Samen von Cynoglossum etc. augenscheinlich als wichtiges Mittel zur Ausbreitung und Ausstreuung des Samens über weite Flächen, wohin er durch Wind, Thiere und Menschen unwillkürlich hingetragen wird. Die zweispitzigen steifen Haare am Stengel des Hopfens erleichtern und ermöglichen in ganz vorzüglicher Weise das Hinaufklettern der Pflanze an Nachbargegenständen, ohne die Pflanze zu einem starken sich Anpressen an die Unterlage zu zwingen; die Behaarung so vieler Blattorgane, so lange sie noch im Knospenzustande sind, hat sicher den Zweck, die Theile vor zu starkem gegenseitigen Drucke in dieser zusammengedrängten Lage zu schützen, daher sie auch abfallen, wenn die Blätter die Knospenlage verlassen. Solcher Nebenzwecke könnten noch viele genannt werden, es genügt jedoch die Andeutung der wichtigsten derselben, zu zeigen, von welch' grosser Bedeutung die Pflanzenhaare auch in diesen besonderen Fällen für die Ausbreitung und Erhaltung der Gewächse sind.

Das bisher über Function und Nutzen der Pflanzenhaare Gesagte hat wohl zum grössten Theile (die Einsaugung von Gasen und Dünsten ausgenommen) auch für Köpfchen- und Drüsenhaare Geltung, nur dass diese in der Regel noch den besonderen Zweck haben, gewisse eigenthümliche Substanzen (ätherische Oele etc.) zu bereiten und theilweise in sich zu bewahren, theilweise zu secerniren. In den meisten Fällen sind sie die Träger von ätherischen Oelen und bedingen dadurch den Geruch der Pflanzen, nicht selten freilich mag das häufig in enormer Menge in ihnen aufgespeicherte Amylum etc. im Haushalte der Pflanze verwerthet werden, da man es in alten Köpfchen sehr oft nicht mehr vorfindet, während es früher massenhaft darin lagerte. In diesen Fällen ist die so aufgespeicherte Reservenahrung bei nur einigermaassen dichter Behaarung ein gewiss oft grosse Bedeutung erlangender Factor.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen wende ich mich zu den Ergebnissen der Beobachtungen in Betreff der speciellen Gat-

tungen der Pflanzenhaare hinsichtlich ihres Baues und ihrer Entwickelung.*)

Gewöhnliche einzellige Haare.

Gestalt. In ihrer einfachsten Form treten die einzelligen Haare als ganz kurze papillenartige Fortsätze der Epidermis auf [Fig. 13e., Fig. 102 (Basis), Fig. 287], wie diess so allgemein an Blumenblättern vorkommt und wodurch dieselben ihr sammtartiges Aussehen erhalten. Eine Oberhautzelle ist da eben nur etwas gewachsen und hat sich in die Höhe gestreckt, dabei aber ihre gewölbte Form mehr oder weniger beibehalten. Weitaus häufiger begegnet man längeren Haargebilden, und da sind wieder die kegelförmig gestalteten (Fig. 110, Fig. 165, Fig. 177) die gewöhnlichsten. Ihre breitere Basis verengt sich allmählig zu einer dünnen Spitze, welche bezüglich der beiden Wandungen meistens einen Winkel von 12—45 Graden bildet. Endet das Haar nicht spitz, sondern stumpf, so entstehen cylindrische Formen, wie sie besonders bei Narbenhaaren (Fig. 331), bei den Haaren vieler Blumenblätter (Fig. 106), doch auch, wiewohl selten, bei den Haaren gewöhnlicher Blätter und Stengel gefunden werden (Fig. 118, Fig. 292). Häufig erscheint der Endtheil einzelliger Haare beträchtlich erweitert, so in den kopfförmigen (Fig. 317, Fig. 373) und keulenförmigen Haaren (Fig. 113) vieler Blumenblätter, Staubgefässe (Verbascum) und Narben. Nicht selten ist das Haarende gekrümmt; man kann solche Haare als hackenförmige bezeichnen (Fig. 175). Sie charakterisiren sich dadurch, dass das Wachsthum ihrer Zellhaut in die Dicke an ihrer Spitze weitaus energischer vor sich geht als an den anderen Theilen, daher denn auch ihre herabgebogene Spitze unverhältnissmässig stärker verdickt ist und dass in Folge dieser hackenförmig gekrümmten Haare die Organe, auf denen sie stehen, bei der Berührung anhaften und hängen bleiben (Galium,

*) Ich muss erwähnen, dass ich hier nur ganz kurze Umrisse gebe und daher für speciellere Details in Bau, Entwickelung und Wachsthum auf meine im III. Abschnitte mitgetheilten Beobachtungen verweise. Nur jene meiner Beobachtungen und Versuche habe ich hier weiter ausgeführt, deren ich im III. Theile eben nur kurz gedachte; beide Theile ergänzen sich demnach.

Lappa). Sichelförmige Haare sind ebenfalls ziemlich häufig (Fig. 87), insbesondere bei Borragineen, wo sie häufig durch Verkieselung eine grosse Starrheit und Sprödigkeit erlangen. Ihre Krümmung ist nach Alter und Pflanze ausserordentlich verschieden (Fig. 87, Fig. 95). Geknickte Haare kommen schon seltener vor (Fig. 52, Fig. 109), häufig dagegen gekrümmte oder wurmförmig verschlungene Haare (Fig. 101, Fig. 147), hauptsächlich bei verfilzten Organen. Zweispitzige (weberschützenartige) Formen gehören zu den Seltenheiten (Fig. 105),*) desgleichen knotige (Fig. 103) und tonnenförmige, sowie blasenförmige (Tetragonia, Oxalis) Haarformen.

Ausserordentlich häufig sind einzellige Haare an ihrem Grunde mehr oder weniger angeschwollen — zu einem Bulbus erweitert —, so bei allen Brennhaaren (Fig. 165), den Haaren der meisten Borragineen (Fig. 87) u. s. w. Der Bulbus ist oft ganz unbedeutend (Fig. 72, Fig. 179, Fig. 337), nicht selten jedoch von ganz beträchtlichen Dimensionen (Fig. 87, Fig. 176, Fig. 248) und wird meist von einer Anzahl Epidermiszellen entweder ganz (Fig. 337) oder nur zum Theile (Fig. 87, Fig. 176) umfasst, die sich in Gestalt eines Zellhügels mehr oder weniger über die Fläche, auf der sie stehen, erheben; nur selten ist der Bulbus in die nicht zu einem Zellhügel erhobene Oberhaut eingesenkt (Fig. 72, Fig. 177, Fig. 179), oder aber die Zellhügel als solche ohne Haare vorhanden (Tuberkeln).

Im Alter collabiren die Haare sehr häufig ganz oder zum Theile (Fig. 102, Fig. 114) und stellen da die mannichfachsten, nicht selten bandförmige Gestalten (an Narben) dar.

Erwähnung verdient, dass gewöhnlich mehrere dieser Haarformen zusammen an einem Pflanzentheile vorkommen.

Grösse. An einem und demselben Pflanzentheile sind die darauf vorkommenden einzelligen Haare oft an Grösse ausserordentlich verschieden, viel mehr natürlich bei verschiedenen Pflanzentheilen derselben Pflanze oder gar bei verschiedenen Pflanzen. Die kleinsten Formen erreichen im ausgewachsenen Zustande (die

*) Ich fand sie bei Galega-, Coronilla-, Verbena-, Sherardia-, Acer-, Astragalus- und Crotalaria-Arten mehr oder weniger typisch (Humulus) entwickelt.

noch kleineren Papillen ganz ausgenommen) oft kaum eine Länge von 0,01 Mm. (Asterocephalus) bis 0,08 Mm. (Geranium phaeum), während die grössten eine Länge von 5—6—8 Mm. und mehr erreichen (Anemone Halleri, Caryolopha sempervirens, Pentstemon-Arten etc.) und so zu den allergrössten Zellen gehören, welche überhaupt an Pflanzen vorkommen. Mit der Längenausdehnung hält die Breite nur selten gleichen Schritt; gerade viele der längsten einzelligen Haare erreichen bei einer Länge von 6—8 Mm. oft nur eine Breite von 0,01 Mm. ($\frac{1}{800}$ der Länge) (Anemone Halleri), während andere eine im Verhältnisse zu ihrer Länge ganz ungewöhnlich grosse Breite besitzen, wie die blasenförmigen Haare von Mesembryanthemum crystallinum, Oxalis carnosa, Tetragonia-Arten u. s. w. Viele einzellige Haare jedoch zeigen bei bedeutender Länge auch eine beträchtliche Dicke (Caryolopha). Bei keulenförmigen Haaren variirt die Dicke an verschiedenen Stellen der Zelle oft um das 5—6fache und mehr, bei kopfförmigen nicht selten um das 10fache. Im Allgemeinen fällt die Dicke ausgewachsener Haare selten unter 0,003 Mm. (Rubus Idaeus) — 0,006 Mm. (Spiraea Filipendula) — 0,009 Mm. (Asterocephalus ochroleucus), und steigt hinwieder selten über 0,1 — 0,2 Mm. hinaus (Caryolopha, Pentstemon, Onobrychis). Ist das Haar zu einem Bulbus erweitert, so erreicht dieser freilich nicht selten über 0,1—02—0,5 Mm. Durchmesser (Echium, Humulus). Die am Häufigsten vorkommende Länge einzelliger Haare schwankt um 0,1—0,9 Mm., die Breite um 0,01—0,08 Mm. herum.

Erwähnung verdient, dass in ausserordentlich vielen Fällen die Länge gerade das 10fache der Breite beträgt.

Richtung. Im Allgemeinen stehen wohl die einzelligen Haare senkrecht auf der Oberfläche, der sie anhaften, doch ist diess nicht immer der Fall. So stehen die Brennhaare der Urtica-Arten (Fig. 165) fast immer geneigt auf dem ihren Bulbus umschliessenden Zellhügel; Haare von Geranium phaeum (Fig. 183) sind unter beträchtlichen Winkeln schief gegen die Oberhaut gestellt, desgleichen Haare von Galium-Arten (Fig. 186), von Gnidia tomentosa (Fig. 179) etc. Bei Haaren, welche die Verfilzung von Blatt- und Stammorganen hervorbringen, wechselt die Richtung ausserordentlich häufig (Fig. 101), sie liegen oft horizontal an die Oberhaut

angedrückt (Fig. 185). Sichelförmige (Fig. 87), weberschützenartige (Fig. 105) und geknickte Haare (Fig. 109) stehen ebenfalls — schon durch ihre Gestalt bedingt — abweichend von der normalen, senkrechten Richtung der Haare.

Farbe. Die Farbe einzelliger Haare wird fast ausnahmslos durch die Farbe ihres flüssigen Inhaltes bedingt. Nur in wenigen Fällen erscheinen bei alten Haaren auch die inneren Membranschichten gefärbt (Fig. 185). Die bei Weitem grösste Zahl der einzelligen Haare erscheint farblos (Fig. 113, Fig. 165, Fig. 175) und wird silberglänzend, wenn der flüssige Inhalt ganz oder theilweise durch Luft ersetzt wird, wie es bei Filzhaaren als Regel vorkommt. Gelb gefärbte einzellige Haare sind ausserordentlich häufig (Fig. 102, Fig. 317, Fig. 330), doch fast lediglich nur an Blumentheilen vorkommend und dadurch ausgezeichnet, dass der gelbe Farbstoff gelöst in ihnen auftritt. Gelbbraun bis braungelb und braun gefärbte Haare sind mit Ausnahme der Farne (wo sie allgemein vorkommen), seltener zu beobachten (Fig. 185) und erhalten ihre braune Farbe häufig erst beim Absterben, wo sie nicht selten lediglich durch eine starke Pilzvegetation in und auf der Haarzelle hervorgerufen wird. Rosenroth, violett oder blau gefärbte Haare sind besonders an Blüthentheilen ganz ausserordentlich häufig (Fig. 106, Fig. 287), doch auch an Blättern und Stengeln zu beobachten. In der Regel ist die Farbe der Haare gleich der der benachbarten Oberhautzellen (Fig. 102, Fig. 287), doch nicht selten total davon verschieden [Agrimonia Eupatoria (Stengel), Verbascum nigrum (Filament) etc.]. Junge Haare sind sämmtlich farblos, alte werden es häufig, auch wenn sie früher gefärbt waren.

Inhalt. Bis zu einem gewissen Grade der Entwickelung enthalten einzellige Haare lediglich Protoplasma und wässerigen Zellsaft als Inhalt (Fig. 99—93, Fig. 163—164, Fig. 174, Fig. 245—247, Fig. 319—320 etc.). Mit Eisenchlorid lässt sich in diesen Stadien ausnahmslos Gerbstoff (meist eisengrünender) im Inhalte der Zelle nachweisen, nur selten Spuren von Zucker. Später erscheinen häufig zwischen den feinen Plasmakörnchen rasch wachsende grössere, die man durch Jodlösung meist schon ohne vorher-

gehende Behandlung mit Kalilauge als Amylumkörner nachweisen kann. Sie verschwinden gewöhnlich später wieder und bleiben nur in wenigen Fällen noch bei erwachsenen Haaren sichtbar. Häufig geschieht es, dass sich um Amylumkörner junger Haare ein grünes Pigment lagert und sie zu Chlorophyllkörnern macht, welche durchaus nicht selten auch in einzelligen Haaren gefunden werden (Oxalis carnosa, Lantana Jungii; Fig. 321), seltener ergrünt das Protoplasma in seiner Totalität oder stellenweise im Haare (Fig. 52), ohne bestimmte Formen (Körner) anzunehmen.

In erwachsenen Haaren ist der Gerbstoff, den sie in der Jugend in grossen Mengen enthielten, oft ganz verbraucht (Symphytum etc.), dagegen erscheint das Haar mit verschiedenen, meist gelösten Farbstoffen erfüllt (Fig. 102, Fig. 106, Fig. 287). Viele Haare behalten indess ihren farblosen Inhalt fortwährend bei, und es kommt bei ihnen weder zu Amylum-, Chlorophyll- noch Farbstoffbildungen (Fig. 147 etc.).

Cytoblasten finden sich in allen Haaren vor, oft freilich nur in Gestalt dichterer Plasmaballen (Fig. 91—93, Fig. 163), die bei starken Vergrösserungen im Innern ein oder mehrere sich deutlich abhebende Gebilde (Kernbläschen, Nucleoli) zeigen, und von einem Plasmahofe umschlossen werden, dessen innere, hellere Zone in diesem Stadium wohl kaum noch von einer Membran (der Haut der Kernzelle) umgrenzt sein dürfte (Fig. 89—93). Später (Fig. 88, Fig. 175, Fig. 248) zeigen sie sich als deutliche Zellen mit oft sehr robusten Membranen, und man kann in ihrem Inhalte Gerbstoff nachweisen, häufig auch Chlorophyll- und Amylumkörner erkennen.*) Sie sind die Centra der Plasmaströmungen und ändern im Verlaufe des Haarwachsthums ihre Lage in der Zelle, sind anfangs jedoch stets am Grunde derselben gelegen (Fig. 91—93, Fig. 245, Fig. 321—322).

Krystalle kommen in einzelligen Haaren nur äusserst selten vor, dagegen erscheint häufig der Grund des Haares von einer schmierigen, gelb bis gelbbraun gefärbten Substanz erfüllt (Myosotis, Agrimonia, Fig. 337), die gewöhnlich auch die Epidermiszellen

---

*) Weiss, A., Sitzungsber. der Wiener Academie. 1866. Bd. 54. Taf. IV. Fig. 55—64.

wenigstens in der Nachbarschaft der Haare erfüllt, oder aber es hat eine farblose Füllmasse (Borragineen) fast das ganze Lumen des Haares eingenommen.

Zellhaut und Cuticula. Das Dickenwachsthum der Membranen einzelliger Haare erfolgt entweder gleichmässig im ganzen Umfange der Zelle oder nicht; im Allgemeinen sind ferner die Haare entweder dünnwandig oder dickwandig, letzteres sonderbarerweise oft gerade an den zartesten Organen (Narbe, Blüthenblätter). Viele bleiben während ihres ganzen Lebens dünnwandig (Fig. 106, Fig. 147), in vielen Fällen jedoch wächst ihre Zellhaut gleichmässig mehr oder weniger in die Dicke, oft in so hohem Grade, dass von einem Lumen kaum mehr die Rede sein kann (Fig. 109, Fig. 179). Häufig erfolgt das Dickenwachsthum der Zellhaut vorwiegend an gewissen Stellen und zwar in der Regel an der Spitze des Haares, welche dann oft ausserordentlich stark verdickt erscheint, während der Basistheil nur mässig oder gar schwach verdickt ist (Fig. 105, Fig. 175, Fig. 183, Fig. 186); nicht selten wächst sie partiell nach Innen und es ragen dann Membranzapfen in das Lumen der Zelle hinein (Abutilon tiliaefolium etc.). Stark verdickte Zellhäute zeigen in der Regel schon ohne Anwendung irgend welcher Reagentien eine mehr oder weniger deutliche Streifung oder Schichtung, die nach Anwendung von Kalilauge, Kupferoxydammoniak,*) insbesondere aber von Chromsäure auf das Kräftigste hervortritt. Nur im jugendlichen Zustande der Haare wird ihre Zellhaut durch Jodlösung und Schwefelsäure blau gefärbt. Später werden die äusseren Schichten bei verdickten Haaren mehr oder weniger in Cuticularsubstanz umgewandelt, die innersten behalten indess den reinen Zellstoffcharakter häufig bis zu ihrem Ende bei. In allen Fällen, wo Jodlösung und Schwefelsäure keine Bläuung hervorbrachten, gelang es mir indess doch, diese Bläuung nach vorhergegangener Behandlung mit Kalilauge und noch energischeren Mitteln, in allen Theilen der Membran hervorzurufen. Alte Haare (Borragineen etc.) erscheinen oft von der Spitze gegen die Basis zu mit einer Füllmasse erfüllt (Fig. 199 g.), die oft das ganze

---

*) Weiss, A., und Wiesner, J., Sitzungsber. der Wiener Academie. 1861. Bd. 44.

Lumen einnimmt. Die Dicke der Zellhaut erreicht oft 0,01—0,013—0,022 Mm. und beträgt dann über 0,9 der ganzen Haardicke, lässt gegen die Spitze des Haares zu das Lumen auch wohl ganz verschwinden. Häufig zeigen die Haare mehr oder weniger deutliche und zahlreiche Porenkanäle (Fig. 72, Fig. 87, Fig. 111), auch wohl spiralige Verdickung ihrer Membranen (Acanthaceen, Asclepiadeen).

Wie die oben erwähnten Zapfen, welche nicht selten in das Lumen der Zelle hineinragen, einem partiellen Wachsthume der Zellhaut nach Innen ihren Ursprung verdanken müssen, so geschieht es bei Haarzellen ganz ausserordentlich oft, dass die Membran nach Aussen an zahllosen Stellen zu längeren oder kürzeren Zapfen oder Knoten etc. heranwächst. Diese oft ausserordentlich mächtigen Cuticularknoten (Fig. 88, Fig. 179) zeigten mir in sehr vielen Fällen nach Behandlung mit Kalilauge etc. die Bläuung durch Jodlösung und Schwefelsäure und nur eine schwache eigentliche Cuticula überzieht dieselben. Die sogenannten Cuticularknoten bestehen demnach aus der Membransubstanz des Haares, aus Zellstoff, und sind daher die Producte eines einseitigen, auf enge Partien beschränkten Wachsthums der Zellhaut.

Mit dem allseitigen Membranwachsthum geht das partielle nicht immer gleichen Schritt; schwach verdickte Haare zeigen oft mächtige Cuticularknoten (Fig. 177), während sehr stark verdickte sie häufig gar nicht besitzen (Fig. 111). Eine eigentliche Cuticula fehlt indess so gut wie niemals Die Cuticularknoten sind oft nur spärlich vorhanden (Fig. 109), dabei aber nicht selten von ganz enormer Grösse (Fig. 179), häufig kugelig (Fig. 88) oder zapfenförmig (Fig. 179) gestaltet und gewöhnlich in Spiralen angeordnet, die mehr oder weniger regelmässig verlaufen (Fig. 88, Fig. 113); häufig sind sie zehr zahlreich (Fig. 96, Fig. 177), nehmen gewöhnlich gegen die Haarspitze successive an Grösse und Zahl zu (Fig. 165) und lassen häufig die Basis des Haares gänzlich frei. Oft sind sie so dicht und dabei so riesig entwickelt, dass das Haar ganz stachlich davon wird (wie Fig. 99) und ein cystolithenartiges Aussehen erhält, wobei freilich auch die Verkieselung eine Hauptrolle spielt. Statt der Cuticularknoten sind

häufig Cuticularleisten vorhanden, die wie diese spiralig angeordnet sind, meist flach gewölbt erscheinen (Fig. 102) und in der Regel nur kurz bleiben, manchmal jedoch als sehr lange, nicht selten wurmförmig verlaufende Leisten auftreten. Selten wechseln die Cuticularstreifen, die oft ausserordentlich dicht an einander liegen, ihre Richtung, so dass das Haar gedreht erscheint (Fig. 118). Cuticularknoten und Streifen erscheinen erst spät; in jugendlichen Haaren sind sie nicht vorhanden (Fig. 89—93), selten sind beide an ein und demselben Haare wahrnehmbar (Fig. 96).

Verkieselung kommt bei einzelligen Haaren sehr allgemein vor, die Brennhaare der Urtica-Arten (Fig. 65), die robusten Haare der Borragineen (Fig. 87), die von Humulus Lupulus (Fig. 105), von Galium- (Fig. 175), Geranium-Arten (Fig. 183) etc. sind sämmtlich mehr oder weniger verkieselt.*)

Macerirt man behaarte Theile längere Zeit, so kann man mit nur einiger Vorsicht in vielen Fällen die Cuticula sammt den Haaren als homogenes zartes Häutchen von der Epidermis trennen.

Dauer und Consistenz. Von der grösseren oder geringeren Verdickung der Membran ist gewöhnlich, doch nicht immer, die Consistenz der Haare abhängig; die robusteren Formen verdanken ihre Härte und Sprödigkeit grösstentheils der Verkieselung ihrer Membranen (Symphytum, Urtica, Loasa). Nicht verkieselte einzellige Haare sind auch bei noch so starker Verdickung (Anemone Halleri) stets sehr elastisch und biegsam. Stark verdickte, verkieselte oder cuticularisirte Haare (Fig. 87, Fig. 109, Fig. 179) dauern so lange, als die Organe, auf denen sie stehen, wenn sie nicht, wie es oft geschieht, durch äussere mechanische Einflüsse verletzt und zerstört werden. Schwach verdickte Haare hingegen sterben häufig schon frühe ab, collabiren, verlieren ihren flüssigen Inhalt und führen dann nur Luft, schrumpfen endlich zusammen und fallen ab, so dass nur ihre Insertionsstellen in die Oberhaut sichtbar bleiben (Nymphaeen etc.). Das Absterben geschieht in der Regel nur allmählig, und beginnt stets an der Spitze des Haares, die bei langen Haaren oft schon ganz abgestorben ist, während an der Basis sich häufig noch flüssiger Inhalt vorfindet (Fig. 114);

*) Vgl. S. 479 ff.

durch das Collabiren entstehen häufig bandförmige Gestalten (Pentstemon) oder knotige Formen (Fig. 103), auch wohl mannichfach ausgebuchtete Haare (Fig. 102, Fig. 114), deren Ausbuchtungen man häufig als grosse Cuticularknoten gedeutet hat. Geeignete Präparate (Fig. 114) lassen indess mit aller Schärfe diese Warzen als Resultate des Collabirens erkennen. Die meisten Filzhaare sterben frühe ab und schlingen sich dann vielfach durch einander, winden sich dabei auch wohl um ihre Achse (Baumwolle; Fig. 101; Fig. 147).

Insertion in die Oberhaut. Der einfachste Fall ist der, wo die Basis des Haares ganz zwischen den Oberhautzellen steckt und mit diesen gleiche Breite hat (Fig. 183); häufig tritt unmittelbar über der Epidermisfläche eine Verengerung der Haarzelle ein (Fig. 317), so dass das Haar gleichsam aus der Mitte einer Oberhautzelle herausgewachsen erscheint. Oft wird die in das Haar auswachsende Epidermiszelle gehoben und das Haar scheint dann von einem Zellhügel mehr oder weniger getragen (Fig. 105, Fig. 165, Fig. 337). In diesem Falle tritt im darunter liegenden Parenchyme Zellvermehrung ein, die den Hügel nach und nach vergrössert, so dass er oft (Humulus) bis 2 Mm. und mehr über die Oberhaut sich erhebt; häufig wächst dann das Haar an seiner Basis noch sehr stark und es erscheint dieselbe gegenüber den umschliessenden Zellen ganz ausserordentlich gross. (Fig. 176).

Entwickelung und Wachsthum. Bei einzelligen Haaren ist die Entwickelung eine sehr einfache, da sie eben nur in dem Auswachsen einer einzigen Zelle in eine bestimmte Form besteht. Die Protoplasmaströme und die veränderte Richtung derselben in verschiedenen Lebensperioden dürften da wohl von der entschiedensten Bedeutung sein. Die erste Anregung zum Wachsthume erkennt man überhaupt daran, dass in gewissen Epidermiszellen — denen, die später zum Haare werden — das Protoplasma, welches ruhend war (Fig. 245, Fig. 289), zu strömen beginnt (Fig. 89—93) und dadurch eine erhöhte Lebensthätigkeit in diesen Zellen bekundet. Zur Zeit, wenn die später zum Haare werdende Oberhautzelle sich beträchtlicher zu strecken beginnt, rückt ihr, früher oft die Mitte einnehmender Cytoblast (Fig. 89, Fig. 90) an die Basis derselben (Fig. 91) und damit ist die

Periode des grössten Spitzenwachsthums der Haarzelle eingeleitet. Alle Protoplasmaströme sind nach dem Hauptorte desselben — der Spitze*) — gerichtet (Fig. 91—93, Fig. 163, Fig. 165). Die Zelle krümmt sich dabei nicht selten (Fig. 92, Fig. 93) und wenn man die Art dieser Krümmung und die Richtung der Protoplasmaströme bei diesem Vorgange beachtet, so wird man ganz gut die Krümmung der Zelle sich durch den Anstoss, resp. die Rückwirkung der Plasmaströme in derselben auf die Membran hervorgebracht denken können. Bei Haaren, welche später bulbusartig anschwellen, erscheinen ebenfalls frühe Protoplasmaströme auf die Basaltheile derselben wirksam (Fig. 93) und mögen zur Ausdehnung der Membran in dieser Richtung kräftig beitragen. Schwillt, wie es öfter geschieht (Fig. 317), der obere Theil des Haares kugelig oder kolbig (Fig. 113) an, so ist in den ersten Stadien (Fig. 320—321) die Epidermiszelle ebenfalls nur in ihrer Längsrichtung gewachsen und zeigt noch keine Spur einer Anschwellung. Ihr basisständiger Cytoblast (Fig. 321) verlässt aber bald seinen Platz und steigt hinauf (Fig. 323), und es kreisen da von ihm aus nach allen Richtungen im oberen Haartheile kräftige Protoplasmaströme, denen auch bald eine kolbige (Fig. 113) oder kugelige Anschwellung folgt (Fig. 323, Fig. 317), während der untere vom Cytoblasten verlassene Haartheil nicht weiter in die Breite wächst. Der Zusammenhang ist da wohl einleuchtend. Die erwähnten Veränderungen in der Lage — das Wandern des Cytoblasten — werden, wie kaum zu zweifeln ist, durch Protoplasmaströme hervorgebracht, deren Mittelpunkt er in allen Fällen bildet. Da nun die Richtung derselben maassgebend für die Wachsthumsrichtung der Zelle zu sein scheint, ist der Grund der so oft von mir beobachteten Veränderung in der Lage des Strömungscentrums wohl darin zu suchen, dass im Verlaufe des Haarwachsthums die eingreifende Thätigkeit der Protoplasmaströme an successive verschiedenen Stellen nöthig wird, und dass daher das Centrum dieser Strömungen

*) Dass die Spitze des Haares den Ort des Hauptwachsthums bezeichne, kann man schon daraus abnehmen, dass dort die Membran stets am allerdünnsten ist, wie es auch nicht anders sein kann (Fig. 163, Fig. 164, Fig. 245, Fig. 321, Fig. 323 etc.)

auch successive eine andere Lage in der wachsenden Zelle aufsuchen muss. In der That ist auch anfangs, wo die Haarzelle fast nur in die Länge wächst und die Plasmaströme fast lediglich nach der Spitze der wachsenden Zelle gerichtet (Fig. 91—93) sind, der Cytoblast an der Basis derselben gelegen (Fig. 163, Fig. 165); später, je nachdem das Haar an seiner Spitze (Fig. 317) oder an seiner Basis (Fig. 248) anschwellen soll, rückt der Cytoblast in diese Stellen ein (Fig. 323), und die Protoplasmaströme richten sich nach den Membranstellen, die anschwellen sollen.*) Nicht selten bemerkt man in der wachsenden Zelle Erscheinungen, welche auf einen beginnenden Theilungsprocess deuten sollten (Fig. 246), sich aber nach und nach wieder verlieren, ohne dass es zu einer Membranbildung kommt.

Wo später die Haare auf Zellhügeln stehen (Fig. 105) oder die Oberhautzellen der Nachbarschaft sie mehr (Fig. 337) oder weniger (Fig. 181) umfassen, geschieht diess erst, wenn die Entwickelung der Haarzelle bereits ziemlich weit vorgeschritten ist. Die Epidermiszellen der Nachbarschaft, welche bis dahin noch weiter wachsen, legen sich bei diesem Wachsthume immer höher an die Haarzelle an (Fig. 164. 165), so dass sie dieselbe endlich an ihren Basaltheile umschliessen (Fig. 87). Zellhügel sind demnach anfangs nie vorhanden, noch weniger bilden sie sich, wie Eble meinte, vor dem Haare aus. Sie entstehen erst ziemlich spät, und dadurch, dass das Parenchym unter dem Haare in starke Zellvermehrung geräth und dadurch das Haar und die dasselbe umschliessenden Epidermiszellen immer mehr emporhebt (Fig. 104, Fig. 105, Fig. 164, Fig. 165, Fig. 281), letztere vermehren sich dabei öfters wohl auch. Manchmal erfolgt die Ausdehnung des Basaltheiles des Haares**) so rasch, dass die umschliessenden Zellen nicht folgen können, es vermehrt sich auch wohl das Parenchym des Zellhügels unverhältnissmässig stark und da geschieht es sehr häufig, dass der Zellhügel Risse bekommt, die den

*) Bei Köpfchenhaaren besonders auffallend (Fig. 226, Fig. 350—351, Fig. 394).

**) Weiss, A., Verhandlungen der kk. zoolog.-botan. Gesellschaft in Wien. 1858. S. 9 ff. und Taf. II.

Haarbulbus blosslegen (Urtica Borragineen), selten jedoch den Tod des Gebildes herbeiführen.

Erst wenn die Haarzelle bereits beträchtlich gewachsen ist, verdickt sich ihre Membran stärker und es treten im Inhalte Farbstoffe und Körnergebilde auf.

Gewöhnliche mehrzellige Haare.

Gestalt. Der Formenreichthum der mehrzelligen Haare lässt sich nur schwer unter allgemeine Gesichtspunkte bringen; ich muss da auf meine vorstehenden Detailbeobachtungen verweisen und mich hier auf das Allgemeinste beschränken.

Zu den häufigst vorkommenden Haaren gehören fadenförmige, unverzweigte, nur aus einer einzigen Zellreihe bestehende einfache Formen und da sind wieder die conischen Haare (Fig. 81, Fig. 242, Fig. 286 a.) die gewöhnlichsten. Sie finden sich fast ausnahmslos bei Gramineen und den meisten Papilionaceen. Rosenkranzförmige oder perlschnurartige Haare (Fig. 7, Fig. 30) sind an Blüthentheilen nicht selten, cylindrische Haare indess werden ausser bei sehr zusammengesetzten Formen (Fig. 182) und dem Haarfilze vieler Pflanzen (Fig. 120) nur spärlich gefunden, desgleichen spindelförmige, beiderseits verschmälerte Haare (Fig. 10—11, Fig. 13). Zu den selteneren Formen einfacher mehrzelliger Haare gehören noch die schwertförmigen (Fig. 155), die hackmesserartigen (Fig. 73), die birnförmigen (Fig. 199 e.) und flaschenförmigen Haare (Fig. 422—424), desgleichen gekrümmte Formen, welche man als sichelförmige (Fig. 108), knieförmige (Fig. 74, Fig. 77), geknickte (Fig. 58) etc. bezeichnen kann.

Meist stehen die einzelnen Gliedzellen so übereinander, dass die äussere Contour des Haares eine continuirliche gerade Linie bildet (Fig. 81, Fig. 100, Fig. 119), oft ist aber die nächst untere Zelle immer beträchtlich breiter als die auf ihr sitzende und es entstehen so Stufen zwischen je zwei Zellen, weshalb man diese Haare auch Terrassenhaare nennen könnte (Fig. 78, Fig. 244). Auch kommt es vor, dass die einzelnen Zellen in der Nähe ihrer Berührungsflächen beiderseits buchtig aufgetrieben sind und so die Knoten vieler Gramineen der Gestalt nach imitiren, daher der Name

Knotenhaare nicht unpassend erscheint. Sie finden sich bei Lamium album (Fig. 71), Abutilon Regelii (Fig. 180), Agrostemma coronaria, Lychnis flos Jovis und Digitalis purpurea (Fig. 200) vor. Umgekehrt sind wieder die Haare manchmal an ihrer Berührungsstelle verengt und die einzelnen Zellen biskotenförmig oder gewunden (Fig. 255), oder aber die einzelnen Zellen sind in ihrer Mittelpartie eingeschnürt (Fig. 386 a.) etc.

Der Uebergang zu den zusammengesetzten Haarformen wird durch solche Haare gebildet, deren Hauptkörper wohl auch nur aus einer einzigen Zellreihe besteht, die aber durch Ausstülpungen etc. entweder ästig werden oder sich wenigstens durch eine abnorme Ausbildung ihrer Endzelle auszeichnen. Zu ersteren gehören die verästelten Haare (Fig. 143), wie sie Nicandra, Habrothamnus, Stachys, Mentha, Trifolium-Arten etc. zeigen und deren eine Abart sich durch die quirlförmig angesetzten Seiten und Endzellen besonders charakterisirt (Fig. 137) und bei Verbascum-, Phlomis-, Centaurea-, Viburnum-, Melastoma-, Polytrichum- und Leontodon-Arten gefunden wird. Zu letzteren die Tförmigen (Fig. 41, Fig. 45, Fig. 62), die gabelförmigen (Fig. 60), die sternförmigen (Fig. 161—162)*) Haare so vieler Cruciferen und Compositen etc.

Die einfachste Form der zusammengesetzten, d. h. aus mehr als einer Zellreihe gebildeten Haare, wird durch eigenthümliche Zwillingshaare dargestellt, die ich bei Tagetes-Arten fand (Fig. 116). Weiter kommen Haare vor, die an ihrer Spitze aus Einer Zellreihe bestehen (Piper, Begonia, Sedum), gegen die Basis aber deren mehrere neben einander haben (Fig. 75) und häufig in solche übergehen, die bis an ihre Spitze aus zwei oder mehr Zellreihen bestehen (Fig. 156, Fig. 160). Eine eigenthümliche Abart dieser letzteren Haare sind jene, deren Endzelle (Mimosa) zu einer unverhältnissmässigen Länge auswächst (Fig. 151, Fig. 152). Die höchst zusammengesetzten Haare endlich (Drosera, Ribes) werden ihrer ganzen Länge nach von zahlreichen, meist chlorophyllführenden Zellreihen gebildet, deren einzelne seitlich oder am Ende zu einer Zelle führen, die wesentlich anders gebaut ist, und gleichsam

*) Weiss, A., Studien. Troppau 1857. Taf. IV. Fig. 4.

secundäre Haare (Fig. 76) darstellt (Fig. 199 c.). In diese Haare verlaufen häufig selbst Spiralgefässe entweder nur eine Strecke weit oder bis an die Spitze.

Eine ganz besondere Art sind die gewissen Familien (Cistus, Helianthemum, Hibiscus, Abutilon, Marrubium, Myosotis, Platanus, Quercus, Statice, Brassica, Amaranthus, Solanum etc.) entweder charakteristischen oder wenigstens häufig vorkommenden Büschelhaare (Fig. 144, Fig. 145, Fig. 184). Sie sind entweder gestielt oder ungestielt und werden gebildet aus mehr oder weniger zahlreichen, einzelnen, einzelligen, selten mehrzelligen (Fig. 144. 145), langen Haarzellen, die an ihrer Basis mehr oder weniger verwachsen sind und mit diesen Basen entweder gleich in die Oberhaut eingefügt erscheinen, oder aber auf einem mehr oder weniger langen, oft sehr zusammengesetzten Stiele kleiner, chlorophyllführender Zellen sitzen (Fig. 144, Fig. 154).

Durch Collabiren im Alter (Fig. 100, Fig. 120, Fig. 146) ändert sich natürlich häufig die Gestalt, bei T- und sternförmigen Haaren wird die obere grosse Zelle sehr oft durch äussere Einflüsse entfernt und nur die Stiele bleiben zurück.

Grösse. Die Haare sind an einer und derselben Pflanze und an einem und demselben Pflanzentheile an Grösse sehr variabel, schon deshalb, weil sie in verschiedenen Altersstufen stehen. Die am häufigsten vorkommenden Pflanzenhaare werden nicht selten 3 Mm. (Clematis recta), 4 Mm. (Cucumis Melo), 6 Mm. (Cucurbita Pepo), 8 Mm. (Lychnis flos Jovis), 12 Mm. (Agrostemma coronaria) lang und mehr, während andere kaum eine Länge von 0,03 (Abutilon tiliaefolium) bis 0,08 Mm. (Digitalis) erreichen. Oft sind die Haare aus 30—60—80 und mehr einzelnen Zellen zusammengesetzt, oft bestehen sie wieder nur aus 2—3 Elementarorganen. Auch bezüglich der Breite lässt sich bei conischen Haaren wenig Allgemeines sagen, nur so viel muss bemerkt werden, dass Breite und Länge keineswegs Schritt mit einander halten. Viele der längsten Haare (Baumwolle, Lychnis flos Jovis) gehören zu den dünnsten, während ganz kurze Haare oft wieder sehr breit werden (Lonicera Xylosteum, Glechoma hederacea). Selten fällt jedoch die Breite unter 0,003 Mm. (Abutilon tiliaefolium) und über 0,6 Mm. (Cucurbita Pepo), Borsten natürlich ausgenommen. Am häufigsten kom-

men Breiten zwischen 0,02 und 0,06 Mm. vor. Ausserordentlich häufig ist auch bei mehrzelligen Haaren die Breite gerade $\frac{1}{15}$ der Länge.

Im Alter collabiren die Haare sehr oft, wodurch nicht selten ihre Breite um das 40fache und mehr kleiner wird.

Richtung. In der Mehrzahl der Fälle stehen die mehrzelligen Haare senkrecht auf dem Theile, den sie bekleiden; die zweispitzigen Formen mit kurzem Stiele (Fig. 45, Fig. 51, Fig. 62) liegen indess meist parallel der Organfläche, die sie bedecken, stehen auch wohl schief gegen dieselbe (Fig. 61), wie dies auch bei Zwillings- (Fig. 116) und Drillingsgestalten der Fall ist. Rechtwinklig gebogene Haare (Fig. 74, Fig. 77) kommen häufig vor, seltener geknickte Formen (Fig. 58, Fig. 145).

Farbe. In der Regel sind die Haare, welche Laubblätter und Stengel bekleiden, farblos, und wo, wie bei Blüthentheilen etc., eine Färbung der Haare auftritt, wird sie nur äusserst selten (Fig. 98) auch der Membran der Haare eigen sein. Gelöste Farbstoffe treten übrigens in Haarzellen sehr häufig auf und es ist in der Regel die Färbung der des Theiles gleich, auf dem sie stehen, wiewohl da häufig Ausnahmen zu finden sind.*) Am gewöhnlichsten kommen durch ihren Inhalt violett gefärbte Haare vor (Fig. 30) oder rosa (Fig. 81), seltener blau (Fig. 100). Gelb gefärbte Haare sind sehr häufig (Fig. 98), braune und rothbraune (Fig. 112), dagegen bei Samenpflanzen selten. Nicht selten wird die Färbung durch im Zellsafte ungelöst auftretende Farbstoffe bedingt, die meist gelb oder gelbroth (Fig. 7), auch braun (Fig. 99) oder violett und rosa,**) seltener blau (Fig. 199 f. bei a.) gefärbte Körner, Bläschen, Kugeln oder Flocken darstellen. Nur sehr selten finden sich 2 verschiedene gelöste Farbstoffe getrennt in einem und demselben Haare (grün und violett, z. B. bei Goldfussia glomerata,***) häufig dagegen gefärbter Inhalt mit anders gefärbten Farbstoffkörnern (Fig. 182) oder Bläschen.†)

---

*) Näheres im III. Abschnitte bei den Einzelbeobachtungen.

**) Weiss, A., Sitzungsber. der Wiener Academie. 1866. Bd. 54. Taf. III. Fig. 35. Fig. 40.

***) Weiss, A., a. a. O. Taf. II. Fig. 34.

†) Weiss, A, Ebendaselbst Taf. II. Fig. 25.

Auch bei den mehrzelligen Haaren tritt der Farbstoff erst nach völlig vollendeter Zellvermehrung auf, daher erst dann, wenn das Haar bezüglich der Zahl seiner Zellen bereits ganz ausgebildet ist; junge Haare sind stets farblos, auch wenn sie später sehr intensive Färbungen zeigen (Fig. 4 — Fig. 6, dagegen Fig. 7, Fig. 14 — Fig. 28, dagegen Fig. 30, Fig. 107, dagegen Fig. 106).

Inhalt. Im allerjüngsten Zustande ist in den Haaren ausser Protoplasma und wässrigem Zellsafte höchstens Gerbstoff und etwas Zucker nachzuweisen. Im weiteren Verlaufe ihres Wachsthums treten indess successive in ihnen eine Reihe theils fester, theils gelöster Substanzen auf, von denen Amylum, Chlorophyll, die Farbstoffe und Krystalle*) die wichtigsten sind. Am frühesten erfolgt die Bildung des Amylums. Man bemerkt da in ganz jungen Haaren zwischen den feinen Körnchen des Protoplasma hellglänzende, sphärische Körner (Fig. 11 a., Fig. 292), welche rasch wachsen (Fig. 4, Fig. 5) und sich dann durch Jodlösung blau färben. Häufig werden sie wieder verbraucht, doch bleiben sie oft während der ganzen Lebensdauer des Haares als integrirende Bestandtheile des Inhaltes sichtbar (Fig. 143). Sehr häufig lagert sich ein grünes Pigment successive auf dieselben ab, sie werden dadurch in amylumhaltige Chlorophyllkörner umgewandelt (Fig. 4 — Fig. 6) und diese gehen nicht selten wieder in Farbstoffkörner über (Fig. 4 — Fig. 7).**) Die Bildung von Chlorophyll- und Farbstoffkörnern geschieht indess, wie die von Farbstoffgebilden auch in den Haarzellen auf directe Weise, wie ich an anderem Orte nachwies.***) Das Chlorophyll kommt in Pflanzenhaaren, obgleich es wie das Amylum bei ihnen bisher übersehen wurde, ausserordentlich häufig vor und zwar nicht nur in den sehr zusammengesetzten (Fig. 199 c.), sondern auch in den einfachst gebauten Formen mehrzelliger Haare (Fig. 12, Fig. 74, Fig. 78, Fig. 180, Fig. 244, Fig. 281) und es werden die nicht wandständigen durch die Protoplasmaströme in die anderen Theile der Zelle geführt. In den später collabirenden Haarzellen des Filzes vieler

*) S. 501.

**) Weiss, A., Sitzungsber. der Wiener Academie. 1864. Bd. 49, und 1866. Bd. 54.

***) Ebendaselbst. Taf. I. III. etc.

Pflanzen fehlt es fast nie, legt sich aber später gewöhnlich nur an die Trennungsflächen von zweien Gliedzellen an. Nicht selten ergrünt das Plasma vieler Haarzellen, ohne Körner zu bilden (Fig. 156, Fig. 157). In erwachsenen Haaren verschwindet häufig der in ihren jugendlichen Stadien in grossen Mengen vorhandene eisengrünende oder eisenbläuende Gerbstoff bis auf schwache Spuren, dagegen treten in ihrem Inhalte mannigfache gelöste Farbstoffe auf, von denen der violette (Fig. 30), rosenrothe (Fig. 81) und gelbe (Fig. 98) am häufigsten angetroffen werden, seltener der blaue (Fig. 100) etc. Auch ungelöster Farbstoff kommt in Form von Körnern (Fig. 7), Kugeln (Fig. 99), Flocken und Bläschen*) sehr häufig in farblosem (Fig. 7) oder gefärbtem (Fig. 182) Zellsafte vor und zwar meist von gelber (Fig. 62), gelbrother (Fig. 7), brauner (Fig. 99) oder rosenrother, seltener blauer (Fig. 199 f.) oder violetter Farbe, in letzterem Falle zumeist als krümliche Materie auftretend.**) In alternden Haaren, welche collabiren, verschwinden nach und nach alle diese Substanzen und auch in nicht collabirenden Haaren wird zu Ende ihres Lebens der Farbstoff in formlose, körnige Massen zerlegt. — Gewöhnlich führen die Oberhautzellen die gleichen Farbstoffgebilde wie das Haar (Fig. 13 e.), nicht gar selten aber völlig andere (Coleus aromaticus etc.). Oeltropfen finden sich nur selten im Inhalte der gewöhnlichen mehrzelligen Haare (Pelargonium papillosum), auch Krystalle und Krystallgruppen gehören nicht zu den häufigen Erscheinungen (Fig. 11b., Fig. 55, Fig. 57), kommen übrigens mit Chlorophyll- und Amylumkörnern zugleich in den Zellen vor,***) was man für Krystalle leugnete. Eisen kommt im Inhalte der Haare ausserordentlich häufig vor und lässt sich mit Rhodankalium direct in demselben nachweisen.†)

Cytoblasten fehlen den Haarzellen selbst bis in's späte Alter fast nie. In jungen Haaren stellen sie sich ausnahmslos als dichte

*) Weiss, A., Sitzungsber. der Wiener Academie. Taf. I. Fig 13, Taf. II. Fig. 25. 27, Taf. III. Fig. 35. 40.

**) Ebendaselbst. Taf. III. Fig. 41, Taf. IV. Fig. 48.

***) Weiss, A., Verhandlungen der k. k. zoolog.-botan. Gesellschaft in Wien. 1858. S. 9 ff. Tab. II. Fig. 5.

†) Weiss, A., und Wiesner J., Sitzungsber. der Wiener Academie. 1861. Bd. 44.

von keiner Haut noch umschlossene Plasmaballen dar (Fig. 1—4 etc.), an denen man indess nicht selten doch schon im Inneren ein punktförmiges Körperchen (Kernbläschen) erkennen kann (Fig. 219). Später werden sie oft sehr robust (Fig. 24—28), zeigen deutlich doppelt contourirte Membranen und lassen durch Säuren ihren Inhalt zur Contraction bringen.*) Eisengrünender Gerbstoff, Chlorophyll und Amylum sind in ihnen sehr häufig vorhanden und durch Reagentien nachweisbar, auch ist ihr Protoplasma wie das der Zelle in Strömung begriffen.**) Ihr Kernbläschen, stets stark doppelt lichtbrechend, wird oft sehr gross, auch sind nicht selten 5—7 und mehr derselben in einem Cytoblasten sichtbar (Fig. 271, Fig. 277, Fig. 279). Oft ist der ganze Inhalt derselben grob gekörnt (Fig. 15 — Fig. 30), oft nur Theile desselben (Fig. 56), häufig sind die Cytoblasten gelblich, röthlich oder blau gefärbt. Ihre Zellennatur kann keinem Zweifel unterliegen, desto mehr aber die Art ihrer Betheiligung beim Vermehrungsvorgange der Zelle, in der sie liegen.

Das Protoplasma der Haarzellen ist mit Ausnahme der allerjüngsten Stadien (Fig. 31, Fig. 42—47, Fig. 117) und zur Zeit der Vermehrung der Mutterzelle (Fig. 4a., Fig. 5a., Fig. 24, Fig. 25), wo es seine Bewegung verliert und sich zu Primordialzellen formirt (Fig. 4, Fig. 5, Fig. 24, Fig. 25, Fig. 138, Fig. 140—142, Fig. 206 —208, Fig. 294—295, Fig. 384 etc.), in mehr oder weniger schneller Strömung begriffen, deren Schnelligkeit ich bei den Haarzellen

von	Tradescantia virginica	auf	0,780	Mm.	Lufttemp. bei 17° R.
	Hyoscyamus niger	-	0,700	-	
	Cucurbita Pepo	-	0,600	-	
	Urtica urens	-	0,360	-	
	Caryolopha sempervirens	-	0,300	-	
	Erodium Manescani	-	0,276	-	
	Columnea Schiediana	-	0,160	-	

in der Minute bestimmte. Vacuolenbildung kommt im Protoplasma sehr häufig vor (Fig. 168 v., Fig. 217 a., Fig. 423).

Alternde Haare werden nicht selten von einer Füllmasse zum

*) Weiss, A., Sitzungsber. der Wiener Academie. 1866. Bd. 54. Taf. IV. Fig 55—64 und Text.

**) Derselbe ebendaselbst. 1864. Bd. 49.

Theile ausgefüllt, wie sie bei den einzelligen Haaren der Borragineen etc. so häufig vorkommt.

Zellhaut und Cuticula. Anfangs ist die erstarrte Haut der Primordialzellen sehr zart und durch Reagentien als solche so gut wie nicht nachweisbar. Sie wächst wohl bald darauf sowohl in die Dicke als in die Fläche, doch bleiben viele Haargebilde die ganze Zeit ihres Lebens aus nur dünnwandigen Zellen zusammengesetzt (Fig. 81, Fig. 100, Fig. 143, Fig. 255). Bei anderen wächst die Zellhaut ihrer Elementarorgane stark in die Dicke und zwar zunächst gleichmässig im ganzen Umfange der Zelle und diese Verdickung kann oft so weit gehen, dass das Lumen nahezu verschwindet (Fig. 244). Die ältesten Haarzellen erscheinen gewöhnlich mit den dicksten Wänden und diese nehmen successive an Dicke ab, je jüngeren Zellelementen sie angehören, daher die Haare, je nachdem sie an der Spitze oder an der Basis fortwachsen, ihre dickwandigsten Zellen entweder an ihrer Spitze (Fig. 151, Fig. 243, Fig. 244) oder an ihrem Grunde haben (Fig. 12, Fig. 58). Oft erscheint nur eine oder die andere der Haarzellen besonders verdickt, während die anderen verhältnissmässig dünnwandig geblieben sind. Diese sonderbare Erscheinung fand ich bei den Endzellen vieler Haare (Fig. 61—62, Fig. 112, Fig. 151, Fig. 244). Erfolgt das Wachsthum sich verdickender Zellhäute an bestimmten kleinen, meist rundlichen Stellen entweder gar nicht oder in äusserst geringem Grade, so entstehen Tüpfel, welche ich häufig bei Haarzellen auffand (Fig. 51, Fig. 58), aber selten spaltenförmig angetroffen habe (Fig. 116). Spiralige Verdickung der Zellhaut kommt bei Haaren gewisser Pflanzenfamilien (Asclepiadeen, Acanthaceen) ganz allgemein vor. Sehr häufig erfolgt das Wachsthum der Zellhaut einseitig, d. h. nur an bestimmten Stellen oder wenigstens vorwiegend an denselben, wodurch dann gewisse Partien der betreffenden Zelle vorwiegend verdickt erscheinen (Fig. 421—422), oder aber Zellhautzapfen oder Zellhautleisten in's Lumen hineinwachsen.*) Ganz

*) Die Zellstoffleisten so vieler Epidermiszellen muss ich ebenfalls als Producte eines localen Dickenwachsthums der Zellhaut in Anspruch nehmen. Eine Abbildung einer solchen Zelle findet sich in meiner Arbeit: Wiener Academie. 1866. Bd. 54. Taf. I. Fig. 18.

allgemein erfolgt dieses partielle Wachsthum der Zellhaut an der Aussenfläche der Membran von Haarzellen und es verdanken demselben die mächtigsten sogenannten Cuticularknoten ihren Ursprung, wie ich weiter unten zeigen werde.

Nur wenige Pflanzenhaare zeigen während der ganzen Dauer ihres Lebens direct die reine Cellulosereaction ihrer Zellhaut. Die äussersten Schichten werden, wie dies geeignete Reagentien zeigen, schon sehr frühe cuticularisirt und in vielen Fällen ist es nahezu mit der ganzen Membran der Fall. Durch vorsichtige Anwendung von Kalilauge, Salpetersäure etc. gelang es mir indess, in allen Fällen, die ich beobachtete, die Cellulosereaction des Rückstandes hervorzurufen, so dass man füglich überall den Zellstoff als Membranhauptbestandtheil der Haarzellen bezeichnen kann. In Kupferoxydammoniak*) quellen die Zellhäute der Haare fast immer mehr oder weniger auf und zerfallen dabei sehr häufig in Schichtensysteme, deren Einzelschichten abwechselnd ungefärbt und blau erscheinen. Noch deutlicher gelingt das Isoliren der Zellen und das Zerfallen der Membranen in Systeme lamellarer Anordnung durch Behandlung der Haarzellen mit Chromsäure. Man kann mit Hülfe dieses Reagens auch an den Amylumkörnern im Inhalte vieler Haarzellen, welche sonst durch keinerlei optische oder chemische Mittel ihre Schichtung verrathen, bei hinreichenden Vergrösserungen dieselbe mit aller Schärfe zur Wahrnehmung bringen.**) In vielen Fällen zeigt die Zellhaut von Haaren eine Streifung bereits ohne Anwendung irgend welches Reagens. Merkwürdigerweise sind die Haargebilde an den zartesten Pflanzentheilen oft sehr robust und dickwandig (Fig. 58, Fig. 108), während sie an verhältnissmässig sehr robusten (Stengel, Blatt) dünnwandig und zart bleiben.

Wie bereits erwähnt, zeigen die mehrzelligen Haare, wenigstens an ihren älteren Zellen, zumeist Cuticularknoten, die oft von solcher Mächtigkeit werden, dass das Haar ein cystolithenartiges Aussehen erhält (Fig. 99). Gewöhnlich treten sie als spiralig an-

---

*) Weiss, A., und Wiesner, J., Sitzungsber. der Wiener Academie. 1861. Bd. 44.

**) Weiss, A., und Wiesner, J., Botanische Zeitung. 1866. S. 97 ff. und Taf. V. Fig. 1—19.

geordnete rundliche Knötchen auf (Fig. 56 a., Fig. 88, Fig. 108), die häufig gelappt erscheinen (Fig. 58), und die verschiedensten, von der Grösse des Haares selbst ganz unabhängigen Dimensionen zeigen, bis sie nur mehr als Punkte sich darstellen (Fig. 71, Fig. 81). Oft sind sie gestreckter (Fig. 146, Fig. 182, Fig. 386 a.), häufig leistenförmig (Fig. 56 b.), und diese Leisten sind oft so dichtstehend und mächtig, dass das Haar wie gerieft erscheint (Habrothamnus). Die jüngsten Haarzellen sind gewöhnlich ganz oder nahezu frei davon (Fig. 71, Fig. 386 a.). Selten ändert sich die Form in einem und demselben Haare (Fig. 56, Fig. 58), doch laufen die Cuticularleisten oft über die Verbindungsstelle zweier Zellen hinweg (Fig. 71) oder greifen wenigstens theilweise hinüber (Fig. 58). In allen Fällen, welche ich genauer untersuchte, gelang es mir, wenn auch häufig erst nach Kochen in Kalilauge, Salpetersäure etc., an diesen knotenförmigen Hervorragungen Cellulosereaction hervorzurufen, und nur eine ganz dünne Schicht eigentlicher Cuticula*) war als Ueberzug derselben sichtbar. Man wird daher wohl diese sogenannten Cuticularknoten als die Producte eines örtlichen Wachsthums der Zellhäute bezeichnen müssen, worauf schon die Thatsache deutet, dass auch nach Innen, in's Lumen der Zelle hinein, häufig zapfenartige Fortsätze sich strecken, die entschieden nur als durch örtliches Wachsthum der Zellhaut entstanden gedeutet werden können. Ich habe bereits für die einzelligen Haare weiter oben dasselbe erwähnt.**)

Meist ist die Zellhaut der Haare farblos (mit Ausnahme der Haare bei den Farnen), nur bei älteren Haaren, welche einen intensiven Farbstoff enthalten (Fig. 112), erscheint die Membran theilweise mit gefärbt, nur selten ist sie zugleich mit dem Inhalte Träger des Farbstoffes (Fig. 97—98).

Dauer und Consistenz. Im Allgemeinen gehören robuste, stark verdickte, verkieselte oder cuticularisirte Haare zu den steifsten und dauerhaftesten Haargebilden, welche, da sie den äusseren Einflüssen beträchtlichen Widerstand entgegensetzen können, erst

*) Dass übrigens auch die eigentliche Cuticula keineswegs ein Excret der Zellhaut, sondern eben nur die stark metamorphosirte äusserste Schicht derselben ist, wird sich allmählig immer schlagender herausstellen.

**) S. 636.

mit der Destruction des Pflanzentheiles, auf dem sie stehen, auch ihrEnde erreichen. Schwach verdickte Haare sind hingegen meist nur transitorische Gebilde, deren Lebensdauer eine verhältnissmässig kurze genannt werden muss, wenigstens soweit sie das Haar in seiner Totalität betrifft. Gewöhnlich sterben die Spitzenzellen schon frühe ab (Fig. 100), die Basalzellen bleiben aber noch lange lebensfähig, oder aber es erfolgt das Absterben (z. B. bei vielen Filzhaaren) an vielen Stellen zugleich, während dazwischen hin und wieder eine Zelle noch eine Zeit lang im normalen Zustande verbleibt (Fig. 120, Fig. 146). Zweispitzige Tförmige Haare (Fig. 41, Fig. 45, Fig. 62, Fig. 112) verlieren häufig schon frühe die obere lange Zelle, und es bleiben nur die Stiele zurück, desgleichen stirbt die obere Zelle sternförmiger Haare (Fig. 161, Fig. 162) oft frühzeitig ab oder wird zerstört. Die Insertionsstellen abgefallener oder abgestorbener Haare findet man in allen diesen Fällen theils als Grübchen, theils durch ihre eigenthümliche Form kenntlich (Fig. 151, Fig. 161 a., Fig. 173 b.), ohne Mühe unter den übrigen Epidermiszellen heraus.

Insertion in die Oberhaut. Nur selten sind die Haare so in die Oberhaut eingefügt, dass ihre unterste Zelle im Niveau der Epidermiszellen liegt (Fig. 124); in den meisten Fällen ist die Basalzelle derselben emporgehoben (Fig. 74, Fig. 100, Fig. 184) oder zum Theile von umliegenden Epidermiszellen umschlossen (Fig. 181), die bei complicirteren Formen ganze Zellhügel bilden (Fig. 151, Fig. 281, Fig. 337). Die Hügelzellen sind nachrückende Parenchymzellen; es tritt nämlich das Parenchym der Theile, auf denen die Haare stehen, mit in die Bildung der Haare ein, oder wird wenigstens bei dem Bildungsprocesse des Haares in Mitleidenschaft gezogen (Fig. 104—105, Fig. 149—153, Fig. 156—157, Fig. 164—165). Die Zellhügel sind demnach, wie ihre Entwickelung lehrt, Producte des Stengel- oder Blattparenchymes und entstehen erst nach der Bildung des Haares.

Entwickelung und Wachsthum. Während bei einzelligen Haargebilden die Entwickelung lediglich in dem Auswachsen einer Oberhautzelle zu einem Haare besteht, ist bei mehrzelligen Haaren noch Zellvermehrung im Spiele. Es entstehen, wie ich bereits erwähnte, alle, auch die zusammengesetztesten Haare aus einer

einzelnen Oberhautzelle, welche später durch Vermehrung in zwei zerfällt. Durch Wiederholung dieses Vorganges baut sich dann allmählig der Körper des Haares weiter auf. Wir wollen die einzelnen Elementarorgane eines einfachen fadenförmigen Haares Gliedzellen nennen, deren Bildung demnach der wichtigste Punkt im Entwickelungslaufe des Haares sein wird. Der Vorgang dabei scheint mir der folgende zu sein:*)

In den jugendlichsten Zuständen, wo das nachher mehrzellige Haar erst aus einer einzigen, noch wenig erhobenen Epidermiszelle besteht, ist das Protoplasma derselben stets ruhend (Fig. 31, Fig. 42, Fig. 46, Fig. 117, Fig. 418 etc.). Bald beginnt dasselbe jedoch zu strömen und die Zelle wächst mehr oder weniger in die Länge**) (Fig. 1, Fig. 2, Fig. 148, Fig. 238, Fig. 419, Fig. 420 etc.), das Plasma verliert indess bald wieder seine Beweglichkeit, und wird abermals ruhend.

Dieses Ruhendwerden des früher strömenden Protoplasmas ist fast ausnahmslos das erste Zeichen einer beginnenden Vermehrung der Zelle, und es geht demselben stets ein beträchtliches Wachsthum der Zelle voraus.

Das ruhend gewordene Protoplasma sieht man nun sich in eben so viele rundliche oder längliche, im Allgemeinen sphärische Portionen ballen, als die Mutterzelle später in neue Zellen zerfallen soll. Bei einer Zweitheilung der Mutterzelle — dem weitaus häufigsten Falle — stossen dieselben ungefähr in der Mitte der Zelle mit ihren Peripherien zusammen (Fig. 24 b., Fig. 138 etc.), beim Zerfallen in mehr als 2 neue Zellen***) aber sowohl in den Mittel- als Endpartien derselben (Fig. 25 b. b'., Fig. 142 a. a. a'.), und es nehmen diese sphärischen Plasmaportionen nach ihrer vollständigen Formirung stets den ganzen Raum der Mutterzelle ein (Fig. 16, Fig. 24—25, Fig. 138, Fig. 142, Fig. 201, Fig. 206—207 etc.). Da die Wandung der letzteren in jenen Stadien ohnehin von Protoplasma bekleidet ist, rückt bei der Formirung dieser sphärischen Ballen eben nur ein Theil des Protoplasmas in die Mittel- (Fig. 16, Fig. 24, Fig. 67, Fig. 138, Fig. 207) oder

*) Man vergleiche S. 485—489, 491—495 etc.

**) Der Vorgang bei einzelligen Haaren, S. 638 ff.

***) Vergl. S. 494.

in die Mittel- und Endtheile der Zelle hin (Fig. 25; Fig. 140; Fig. 142). Weil nun dieses Fortrücken (Ansammeln) des Protoplasmas nach der Mitte der Zelle bei jeder einzelnen der sich bildenden sphärischen Inhaltsportionen stattfindet, wird es dort, wo sich zwei solcher Portionen berühren, eine dickere Schicht bilden müssen als dort, wo keine Berührung zweier stattfindet, es wird daher das Protoplasma in den Mittelpartien von Zellen, die im Begriffe sind, sich zu vermehren, breitere Gürtel als an den Wandungen*) der Mutterzelle bilden (Fig 67, Fig. 138, Fig. 142, Fig. 201, Fig. 207, Fig. 247, Fig. 297, Fig. 349). War das Protoplasma, als es zur Ruhe kam, um den Cytoblasten der Mutterzelle geballt, so geschieht die Formirung der erwähnten sphärischen Plasmaportionen in der Weise, dass man dasselbe gleichmässig nach und nach gegen die Wandung der Mutterzelle hinrücken sieht (Fig. 294, Fig. 295).

Diese bei der Zellvermehrung sich formirenden und individualisirenden Protoplasmamassen, welche später in ihrem ganzen Umfange eine Membran erhalten, wollen wir, so lange sie noch hüllenlos sind, Primordialzellen nennen, und können demnach sagen, dass die Zellvermehrung durch die Bildung von eben so vielen Primordialzellen im Innern einer Mutterzelle eingeleitet wird, als diese in neue Zellen zerfallen soll.

Die zusammenstossenden und dabei sich meist abplattenden Peripherien zweier Primordialzellen stellen sich bei der Betrachtung unter dem Mikroskope als die Zelle der Quere nach durchsetzende Lamellen dar, und es sind diese Protoplasmalamellen sich theilender Zellen seit Mohl und Naegeli vielfach Gegenstand der Erörterung geworden. In der That dreht sich die ganze Frage bezüglich der Art und Weise der sogenannten Zellbildung durch Theilung um die Auffassung der Vorgänge, welche in diesen Lamellen vor sich gehen. Dass man es aber hier durchaus nicht mit einfachen, die Zelle durchsetzenden Plasmazonen zu thun hat, sondern dass diese nur durch das Zusammenstossen der Peripherien zweier hüllenloser Zellen (Primordialzellen) gebildet werden, zeigt der Vorgang der Membranbildung, wo jede der Primordialzellen für sich mit einer Haut sich

*) An den Wandungen stark gewölbter Zellen (Fig. 3, Fig. 66 etc.) ist der Wandüberzug von Protoplasma aus optischen Gründen oft schwer sichtbar, man überzeugt sich indess durch geeignete Mittel leicht von dem Vorhandensein desselben.

umkleidet (Fig. 26 b., Fig 28 b. etc.), zeigt ferner das Individualisiren dieser Primordialzellen selber (Fig. 25, Fig 138, Fig. 142, Fig. 206—207 etc.) in augenfälliger Weise.

Nach der Individualisirung der Primordialzellen sieht man häufig dort, wo die Peripherien zweier zusammenstossen, eine Einbuchtung (Faltung) der Mutterzellhaut (Fig. 16 a., Fig. 208, Fig. 394). Kein Grund, keine Thatsache weisen darauf hin, dass diese Einbuchtung etwas anderes als eine die Zellvermehrung häufig, aber eben nur passiv begleitende Erscheinung sei. Schon der Umstand, dass man dieselbe oft an Stellen sieht, wo die später entstehende Membran nicht durchgeht (Fig. 25, Fig. 349 etc.), lässt diess vermuthen, noch mehr aber eine genaue Betrachtung des ganzen Vorganges der Zellvermehrung, bei welcher die Mutterzellhaut sich gar nicht bethätigt, sondern unter allen Umständen völlig passiv bleibt. Es hat eben nur die Ansicht, dass die Zelltheilung durch Einschnürung des Inhaltes der Mutterzelle (durch Ringfaltung) vor sich gehe, zu der Annahme geführt, dass die beobachtete Faltenbildung der Mutterzelle die Vermehrung derselben veranlasse.

Anlangend die Bedeutung, welche der Cytoblast der Mutterzelle bei der Formirung der Primordialzellen hat, so scheint mir nach Allem, was ich gesehen, eine directe Bethätigung desselben bei der Zellvermehrung überhaupt nicht stattzufinden, noch weniger aber glaube ich, dass er eine Hauptrolle dabei spielt. In den meisten Fällen haben sich die Primordialzellen bereits gebildet und der Cytoblast der Mutterzelle ruht noch unverändert an seinem Platze, eine oder mehrere der neu gebildeten Primordialzellen ist daher ohne Cytoblast (Fig. 16, Fig. 201, Fig 206, Fig. 207). Häufig scheint hinwieder die Formirung der Primordialzellen von einer Resorption des Cytoblasten der Mutterzelle begleitet, ohne dass aber sogleich neue Cytoblasten im Protoplasma der Primordialzellen entstehen (Fig. 138, Fig. 142, Fig. 207, Fig. 384), häufig ist aber auch die Bildung von Primordialzellen von einer Theilung des Cytoblasten der Mutterzellen begleitet (Fig. 17, Fig. 19—21). Diese Theilung scheint, wie ich schon früher vermuthete,*) in der-

*) Weiss, A., Sitzungsber. d. kais. Wiener Academie. 1866. Bd 54. S. 33 (des Abdruckes).

selben Art und Weise wie die der Zelle vor sich zu gehen. Der früher (Fig. 18) kugelige Cytoblast streckt sich etwas in die Länge, man bemerkt an demselben überhaupt ein starkes Wachsthum an den Polen, wodurch er in der Mitte eingeschnürt erscheint (Fig. 17 a., Fig. 19 a.) und es tritt bald eine zarte Trennungslinie durch die Mitte desselben auf (Fig. 21 a.).*) Anfangs liegen die 2 so gebildeten Cytoblasten noch ganz nahe bei einander (Fig. 20 a.), trennen sich aber später immer mehr (Fig. 23). Dort wo eine Resorption des Cytoblasten der Mutterzelle stattfindet, bleiben, wie erwähnt, die Primordialzellen öfters eine kurze Zeit ohne Cytoblasten. Später wird in dem Protoplasma jeder derselben ein neuer Cytoblast gebildet, der anfangs nur wie ein dichterer, sehr kleiner Plasmaballen erscheint (Fig. 4 a. etc.), in welchem man öfters noch ein dunkleres Körperchen wahrnimmt (Fig. 219). Das Plasma bleibt bei der Neubildung dieser Cytoblasten ruhend. Bald darauf werden dieselben robuster, ihre Membran eine derbe Haut. Diese Neubildung von Cytoblasten im Protoplasma erfolgt demnach durchaus nicht als Einleitung zur Bildung der Primordialzellen, sondern in der Regel erst, nachdem dieselben sich bereits vollständig individualisirt haben, auch zeigt schon das so sehr verschiedene Verhalten des Cytoblasten während der Individualisirung der Primordialzellen, dass sie dabei wohl kaum eine maassgebende Rolle spielen, weil sie sonst unmöglich das eine Mal fehlen, das andere Mal vorhanden sein, einmal durch Theilung, dann wieder durch Neubildung sich verjüngen könnten u. s. w. Das Protoplasma jugendlicher Haarzellen mag wohl öfters die eben entstandenen Cytoblasten einhüllen und verdecken, doch ist dies sicher nicht stets der Fall gewesen, wo ich Primordialzellen ohne Cytoblasten wahrnahm (Fig. 141 a., Fig. 208 etc.). Dass bei sich theilenden Cytoblasten zwei nahe neben oder über einander gelegene neu entstandene Cytoblasten eine Täuschung meinerseits hervorgerufen hätten, dem widersprechen die Anfangsstadien dieses Vorganges (Fig. 17 a., Fig. 19 a.) und der Umstand, dass ich bei sehr robusten Cytoblasten durch wasserentziehende Mittel den Inhalt im

*) S. 492, Anm. 2.

entscheidenden Stadium zur Contraction bringen konnte*) und die so erhaltenen Objecte jede andere Deutung ausschliessen.

Wie bereits erwähnt, wachsen sich vermehrende Zellen sehr rasch. Dieses Wachsthum scheint von einer relativ ruhenden Zone aus nach beiden Seiten stattzufinden und es wird der Ort der ruhenden Zone durch die Plasmalamelle bezeichnet, die sich durch das Berühren von 2 Primordialzellen gebildet, quer durch die Zelle spannt und in der später die theilenden Zellhäute durchgehen. Es ist demnach die Berührungsebene zweier Primordialzellen senkrecht auf der Richtung des die Zellvermehrung begleitenden Wachsthums der Mutterzelle.

Bald nach der Bildung von Primordialzellen sieht man öfter in der Mittelpartie der Berührungsflächen derselben eine helle Schichte oder Zone erscheinen (Fig. 25 b., Fig. 247 a., Fig. 207), die man wohl füglich als den ersten Anfang der erhärtenden Membranen betrachten kann. Diese selbst sieht man bald darauf als äusserst feine, dabei aber äusserst scharfe und bestimmte schwarze Linie auftreten, welche aber gleich bei ihrem Erscheinen die Mutterzelle ihrer ganzen Breite nach durchsetzt (Fig. 4 a. c., Fig. 5 a., Fig. 22 b., Fig. 139 a'., Fig. 140 a., Fig. 208 a.). In vielen Fällen, wenn nämlich die Rundung der Primordialzellen eine ziemlich scharfe war und sich dieselben an ihren Berührungssphären nicht abgeplattet haben, kann man die entstandene Membran der Primordialzellen nicht blos an der Berührungssphäre beider erkennen, sondern sie an jeder einzelnen Primordialzelle ein Stück an der Peripherie weiter verfolgen (Fig. 22 b., Fig. 26 b., Fig. 28 b., Fig. 190, Fig. 389 etc.). Dass man ihre weiteren ganz der Mutterzellhaut anliegenden Fortsetzungen als solche nicht wahrnehmen kann, ist begreiflich, wenn man den engen Anschluss und die sicher nahezu gleiche chemische Constitution der Membranen in Betracht zieht. Sieht man doch auch anfangs die Querwand (Fig. 26 b.) nur als einfache Linie und kann durch kein mechanisches, chemisches oder optisches Mittel das Doppeltsein derselben direct nachweisen, und doch muss dieselbe um diese Zeit

---

*) Weiss, A., Sitzungsber. der Wiener Academie. 1866. Bd. 54. Taf. IV. Fig. 61.

bereits aus 2 eng anliegenden Häuten bestehen, wie schon die Fortsetzung der Contouren nach beiden Seiten der Primordialzellen beweisen.

Nie habe ich eine Einschürung des Inhaltes der Mutterzelle beobachtet, nie eine Scheidewand (Ringfalte) von den Seiten nach der Mitte rücken sehen, nie auch irgend eine Erscheinung wahrgenommen, welche einen dieser Vorgänge auch nur angedeutet, oder wahrscheinlich, ja überhaupt möglich hätte erscheinen lassen. Ich war daher gezwungen, eine andere Deutung der Vorgänge bei der Vermehrung der Haarzellen zu versuchen und glaube, dass die oben gegebene den beobachteten Erscheinungen sich völlig genau anschmiegt.*)

Auf den ersten Blick könnte es befremdend erscheinen, dass die Mutterzellhaut dort, wo ihr die neu gebildeten Häute der Primordialzellen anliegen, nicht merklich verdickt erscheint, allein wenn man bedenkt, wie ausserordentlich gering der Durchmesser dieser jungen Häute ist, wird man es begreiflich finden, dass nur selten (Fig. 389) eine merkliche Verdickung wahrgenommen wird. Durch directe Messungen ist nicht erwiesen, dass eine solche wirklich nicht stattfindet.

Im Allgemeinen geht die Membran durch die Mitte der Lamelle durch, welche sich durch das Aneinanderstossen zweier Primordialzellen bildet, die neu gebildete Scheidewand steht daher senkrecht auf der Richtung des stärksten Wachsthums der Mutterzelle.**) Wo Abweichungen vorkommen (Fig.

*) Karsten lässt die Vermehrung der Zellen durch Tochterzellen hervorgebracht werden, welche frei im flüssigen Inhalte der Zelle entstehen, sich vergrössern und so eine Theilung des Lumens der Mutterzelle mittelst Scheidewänden ausführen. Seine Anschauung differirt daher von der meinigen nur in einem einzigen, freilich wesentlichen Punkte. Karsten's Tochterzellen sind anfänglich ausserordentlich kleine, im Inhalte frei entstandene Zellchen, welche aber trotz ihrer Kleinheit bereits eine Membran besitzen. Sie wachsen, bis sie den Raum der Mutterzelle völlig ausfüllen. Meine Primordialzellen sind anfangs hautlos und entstehen gleich in, die Mutterzelle völlig ausfüllenden Dimensionen. Durch beide Auffassungen wird übrigens die Vermehrung der Pflanzenzelle auf Ein Schema zurückgeführt; dass ich die Karsten'sche Anschauung dermalen nicht adoptirte, hat seinen Grund nur darin, dass es mir nicht gelang, seine jungen Tochterzellen in den Haarzellen wahrzunehmen und ihr allmähliges Heranwachsen in der Mutterzelle zu beobachten.

**) Bekannt ist diese Thatsache seit lange (Hofmeister), erklärt wird sie durch die Annahme von Primordialzellenbildung von selber.

4 a., Fig. 5 a., Fig. 24 b., Fig. 139 a'.), könnten diese leicht daher rühren, dass eben dort die Wachsthumsrichtung der Mutterzelle nicht mit der Längsachse derselben zusammenfällt, wie dies Hofmeister für ähnliche Fälle zeigte.

Bald nach ihrem Entstehen wächst die Membran der nun zu Tochterzellen gewordenen Primordialzellen in die Dicke, man sieht die Querwand zunächst mit doppelter Contour (Fig. 4 b., Fig. 13 etc.), später als aus 2 Lamellen zusammengesetzt erscheinen (Fig. 12, Fig. 58, Fig. 71, Fig. 200), die Reste der Mutterzellhaut, meist gänzlich cuticularisirt, bleiben oft sehr lange, gleichsam als Intercellularsubstanz an der Berührungsstelle zweier Gliedzellen sichtbar (Fig. 12, Fig. 26 b., Fig. 28 b., Fig. 78, Fig. 200 a. b.). Wenn man die Dimensionen jugendlicher Haare mit dem erwachsenen Gebilde vergleicht, so zeigt sich, dass in vielen Fällen die Haarzellen fast nur in die Länge wachsen, in allen aber das Längenwachsthum derselben weitaus grösser als ihr Breitenwachsthum ist.

Auf diese Art entstehen die fadenförmigen, durch fortwährendes Zellvermehren immer länger werdenden aus einer Zellreihe bestehenden Haare. Bei verästelten Haaren entstehen die Seitenäste folgendermaassen:

Die Zelle des Haarfadens, welche die Ansatzzelle des sich bildenden Astes werden soll, erhält an ihrem oberen Ende eine Ausbuchtung oder Ausstülpung (Fig. 140 b.), die sich rasch vergrössert und, wenn sie eine bestimmte Dimension angenommen hat, durch Bildung von Primordialzellen sich theilt (Fig. 141). Die Ausstülpung divergirt unter sehr verschiedenen Winkeln von den Gliedzellen, daher auch die Aeste unter sehr verschiedenen Richtungen abstehen, jedoch ist der Winkel in der Regel ein spitzer, seltener ein rechter. Die Scheidewand, durch welche der Ast von der Gliedzelle, aus der er entstand, sich abschnürt, steht im Allgemeinen senkrecht auf der Längsrichtung des Astes, also geneigt gegen die obere Wandung der Gliedzelle und schneidet diese in der Regel in ihrer oberen Hälfte (Fig. 141, Fig. 143).

Bei zusammengesetzten Haaren, überhaupt bei solchen, welche aus mehreren Zellreihen bestehen (Fig. 75, Fig. 151, Fig. 154, Fig. 160, Fig. 182, Fig. 199 c.), geschieht die Entwickelung in

der Weise, dass die Oberhautzelle, aus der sie entstehen (Fig. 199 b.), sich zunächst der Länge nach theilt und dies mit Quertheilungen fortgesetzt wird (Fig. 199 a.), dass ferner, wie bereits (S. 640) erwähnt, bei sehr robusten Formen das Parenchym des Organes, auf dem sie stehen, mit in ihre Bildung eingeht.

Die Pflanzenhaare wachsen keineswegs immer an ihrer Spitze weiter, wie man annahm, sondern es ist in ausserordentlich vielen Fällen die Basis des Haares der Sitz der Zellvermehrung (Fig. 8—12, Fig. 137, Fig. 151, Fig. 156, Fig. 199 c., Fig. 427 etc.); insbesondere bei zusammengesetzten Haaren ist dies fast ausnahmslos der Fall. Nur selten findet Zelltheilung der ganzen Länge des Haares nach statt (Fig. 1 — 7) oder wenigstens in einem grossen Theile der Gliedzellen.

Köpfchenhaare.

Bei den Köpfchenhaaren haben wir zunächst das Köpfchen und den Stiel zu unterscheiden. Letzterer fällt bezüglich seiner Zellen, deren Anordnung, Inhalt etc. ganz mit den mehrzelligen gewöhnlichen Haaren zusammen, ich kann daher bezüglich des Allgemeinen über den Stiel der Köpfchenhaare füglich auf das bei den mehrzelligen Haaren Gesagte verweisen.*)

Es wird uns daher hier zumeist das Köpfchen zu beschäftigen haben.**)

Gestalt des Köpfchens. Das Köpfchen kann im Allgemeinen ein- oder mehrzellig sein; im ersteren Falle ist die Gestalt desselben fast immer eine nahezu kugelförmige (Fig. 258, 271, 286, 308, 344, 372, 374), auch wohl eiförmige (Fig. 254, 375, 417). Seltener kommen schon birnförmige (Fig. 211, 253, 285), herzförmige (Fig. 304) und flaschenförmige Gestalten vor (Fig. 367). Mehrzellige Köpfchen sind selten kugelig (Fig. 199 d., 283, 296, 408), häufig eiförmig (Fig. 197, 309, 324), biskotenförmig (Fig. 257, 310), herz- und becherförmig (Fig.

*) S. 641 ff.

**) Da bei den gewöhnlichen Haaren bereits über Zellhaut, Cuticula etc. das Allgemeine, auch für die Köpfchen Geltende, erwähnt wurde, kann ich mich hier sehr kurz fassen.

280, 307, 311), hut- oder schirmartig (Fig. 355, 365) gestaltet, in seltenen Fällen auch wohl vierseitig (Fig. 368).

Grösse. Wie die Gestalt, ist auch die Grösse der Köpfchen ausserordentlich verschieden. Runde Köpfchen haben nur selten einen Durchmesser von mehr als 0,07 Mm. (Digitalis lutea) oder 0,08 Mm. (Ribes grossularia); elliptische, birnförmige etc. erreichen oft eine Länge von 0,1 Mm. (Pentstemon crassifolium), 0,13 Mm. (Rhus Cotinus), 0,16 Mm. (Nicotiana rustica) bis 0,2 Mm. (Pentstemon Cobaea) und eine Breite von 0,09 Mm. (Pulmonaria mollis) bis 0,18 Mm. (Maurandia semperflorens); hinwieder fällt letztere selten unter 0,03 Mm. (Aeschinantus ramosissimus) oder 0,02 Mm. (Pentstemon crassifolium), und erstere selten unter 0,04 Mm. (Polemonium coeruleum) oder 0,03 Mm. (Scrophularia nodosa). Dabei ist öfters der Querdurchmesser des Köpfchens grösser als seine Länge (Scrophularia, Maurandia etc.).

Farbe. Die Farbe der Köpfchen wird lediglich durch die Farbe ihres Inhaltes bedingt; farblose Köpfchen (Fig. 304, 367, 368, 390) fand ich bei Bryonia-, Tellina-, Pelargonium-, Origanum-, Ricinus-, Erica-, Cicer-, Saxifraga-, Geum-, Veronica-, Verbascum-, Stellaria-, Pyrola-, Betonica-, Mentha-Arten etc. Gelbe Köpfchen können entweder schwefelgelb (Fig. 332, 398), ockergelb (Fig. 211, 280, 284, 307, 404), rothgelb (Fig. 199 d., 365), orangegelb (Fig. 257, 258, 271, 323, 372), auch wohl grüngelb (Fig. 197) sein. Mehr oder weniger gelb gefärbte Köpfchen fand ich bei Digitalis-, Gesneria-, Ajuga-, Pentstemon-, Salvia-, Hyoscyamus-, Nicotiana-, Eupatorium-, Stachys-, Cassia-, Centaurea-, Verbena-, Thymus-, Erigeron-, Satureja-, Heliotropium-, Conyza-, Lamium-, Aster-, Doronicum-, Origanum-Arten etc. Sie gehören zu den am häufigsten vorkommenden Köpfchenhaaren. Nicht viel seltener sind rosenrothe Köpfchen (Fig. 285, 308, 374, 382, 408, 417), wie ich sie bei Salvia-, Geum-, Primula-, Rosa-, Acacia-, Lactuca-, Geranium-, Erodium-Arten etc. beobachtete. Während aber bei gelb gefärbten Köpfchen nur in seltenen Fällen die Farbe durch einen gelösten Farbstoff bewirkt wird (Fig. 398), ist hinwieder bei rosenrothen Köpfchen das Umgekehrte der Fall, und Beispiele, wo die rothe Färbung durch ungelöst auftretende Farbstoffconcremente hervorgebracht wird (Fig. 417), gehören zu den grösse-

ten Seltenheiten. Das Gleiche gilt von violetten Köpfchen (Fig. 355), die sich bei Scrophularia-, Lantana-, Androsace-Arten etc. vorfinden. Mehr oder weniger roth gefärbte Köpfchen fand ich ausser bei den bereits erwähnten Familien noch bei Helianthemum-, Lonicera-, Rhus-, Potentilla-, Stachys-, Cheiranthus-, Xanthium-, Bignonia-, Amygdalus-Arten etc. Grün und grünlich gefärbte Köpfchen (Fig. 197, 380, 381) sind selten, sie finden sich bei manchen Hyssopus-, Primula-, Aster-, Salvia-, Prunella-, Mentha-, Ribes-, Dracocephalum-, Rosa-, Betonica-, Prunus-, Chelone-Arten etc. Braune Köpfchen (Fig. 344) habe ich bei Leontodon-, Pelargonium- und Pentstemon-Arten gefunden.

Die Stielzellen der Köpfchenhaare erscheinen meist farblos (Fig. 197, 211, 233, 271, 280, 324, 355, 365, 374, 398, 408), selten zum Theile und ganz mit dem Farbstoffe, den das Köpfchen zeigt, erfüllt (Fig. 258, 285), häufig aber mit einem davon ganz verschiedenen, so dass die grössten Contraste nicht selten sind (Fig. 257, 286, 310, 332, 372).

Inhalt. In jugendlichem Zustande ist der Inhalt aller Köpfchen lediglich wässriger Zellsaft und Protoplasma (Fig. 189, 227, 232, 261—262, 272—278 etc.), doch lässt sich in den meisten Fällen eine grössere oder geringere Menge von eisenbläuendem oder eisengrünendem Gerbstoffe bereits in den jüngsten Stadien nachweisen, in wenigen Fällen auch Zucker. Später treten mannichfache Substanzen in ihnen auf, die theils gelöst, theils ungelöst im Zellsafte angetroffen werden. Zunächst sind in erwachsenen Köpfchen fast immer grössere oder geringere Mengen ätherischen Oeles vorhanden, das oft in runden (Fig. 364) oder länglichen Tropfen (Fig. 325) in den Köpfchenzellen liegt. Die Köpfchenhaare von sehr geringen Dimensionen, d. i. die Glandeln sind insbesondere durch den grossen Gehalt ihrer Köpfchenzellen an ätherischem Oele ausgezeichnet, daher meist Träger des aromatischen Geruches der Pflanzentheile. Desgleichen kommen harzige und wachsartige Concretionen sehr häufig in den Köpfchen vor, und werden wie die ätherischen Oele häufig in solchen Mengen erzeugt, dass sie in Gestalt von Tropfen secernirt werden (Fig. 230, 343 a., 364, 424 a.), die an der Aussenfläche des Haares haften. Es ist sehr wahrscheinlich, dass

auf diese Art eine ganze Reihe der verschiedensten Substanzen ausgeschieden wird und es wäre sicher der Versuch einer chemischen Analyse dieser Stoffe sehr dankenswerth. Bei vielen Pflanzen (Salvia glutinosa, Lychnis viscaria, Aquilegia vulgaris etc.) ist die Menge der secernirten Substanz eine ausserordentlich beträchtliche und sie lassen sich sehr leicht isoliren. Höchst wahrscheinlich werden sie lediglich in den Köpfchenzellen bereitet und nicht durch die Stielzellen nur dem Köpfchen zugeführt. Die dem Köpfchen zunächst liegende, genetisch sogar ihm angehörige Stielzelle scheint bei vielen Köpfchenhaaren als Reservebehälter für die bereiteten eigenthümlichen Substanzen benutzt zu werden. Dafür spricht der Umstand, dass bei Köpfchenhaaren, bei denen die oberste Stielzelle mit dem Köpfchen gleichen Inhalt führt (Fig. 344, 398 etc.), diess nicht bei sämmtlichen Köpfchenhaaren des betreffenden Organes, sondern nur bei der Mehrzahl der Fall ist, dass ferner nicht selten — bei besonders massenhafter Production vielleicht — auch die nächstuntere Stielzelle dieselben Stoffe führt (Fig. 258), und dass endlich in jüngeren Zuständen, wo aber doch das Köpfchen bereits seine eigenen Stoffe erzeugt und enthält, die später mit ihm den gleichen Inhalt führende Stielzelle diesen noch nicht besitzt (Fig. 262—266, 344—347 etc.). Zu den in den Köpfchenzellen am häufigsten und massenhaftesten auftretenden Stoffen gehört das Amylum. Nicht häufig ist es in Gestalt grosser Körner vorhanden (Fig. 199 f., 230, 263—266), desto öfter aber in zahllosen ausserordentlich kleinen Körnchen auftretend, so bei den Köpfchenhaaren von Antirrhinum- (Fig. 310), Tellina- (Fig. 368), Bryonia- (Fig. 390), Nicotiana- (Fig. 197), Geum-, Geranium- (Fig. 308), Pentstemon- (Fig. 324), Pelargonium-Arten (Fig. 344) etc. Ueberhaupt kann man fast immer dort, wo der Inhalt von Köpfchenzellen körnig erscheint, auf Amylumgehalt schliessen. Oft lässt es sich bereits mit Jodlösung allein, immer aber durch Jodlösung nach vorhergegangener Behandlung des Präparates mit Kalilösung nachweisen. Das allmählige Auftreten desselben beim Wachsthum des Köpfchens (Fig. 262—266 etc.) erfolgt in derselben Weise, wie ich es bei den gewöhnlichen Haaren beschrieben habe.*) Sehr häufig verschwindet das Amy-

*) S. 567 und 633, 645 etc.

lum, welches in ganz jungen Köpfchen oft in enormen Mengen vorhanden war (Rhus Cotinus etc.), später allmählig ganz oder zum Theile aus dem Inhalte. Grossentheils mag es da wohl durch Stoffmetamorphose umgesetzt worden und im Köpfchen verblieben sein, häufig könnte es aber durch die Stielzellen nach dem Innern der Pflanze wandern und als Reservenahrung für dieselbe dienen. Dass das Amylum und der Gerbstoff sowie deren Umsetzungsproducte im Köpfchen die bedeutendste Rolle spielen, kann keinem Zweifel unterliegen, wenn man das fortwährende Wandern derselben beachtet, das immer dem Auftreten von Farbstoffen, Oelen etc. vorangeht und sie begleitet. Ueber die eigentlichen Vorgänge dabei muss uns der weitere Fortschritt der organischen Chemie belehren. Ausser dem Amylum findet sich häufig Chlorophyll in den Köpfchenzellen vor, doch nur selten in sehr beträchtlichen Mengen (Fig. 195, 370, 407), auch verschwindet es später gewöhnlich wieder. Gerbstoff ist in erwachsenen Köpfchen fast immer vorhanden und zwar meist eisengrünender (Antirrhinum, Nicotiana, Pentstemon, Primula, Rhus, Origanum, Bryonia etc.), häufig aber auch eisenbläuender (Geranium, Geum, Pelargonium etc.). Merkwürdig ist, dass das Köpfchen oft grosse Mengen von eisenbläuendem Gerbstoffe enthält, während er im Stiele fehlt und durch eisengrünenden ersetzt ist (Geum virginicum, Geranium sylvaticum) u. dgl. Häufig hinwieder kommt der Gerbstoff in Kopf- und Stielzellen gleichmässig vor (Origanum, Saxifraga, Pentstemon, Digitalis etc.), oder fehlt nur dem einen mehr als dem anderen (Pelargonium, Antirrhinum, Geranium etc.); das Gleiche gilt vom Amylum und dem Chlorophyll. — In directem Zusammenhange mit den Gerbstoffen scheinen die Farbstoffe in den Köpfchenzellen zu sein, da ihr Auftreten stets mit dem allmähligen Verschwinden der ersteren verbunden ist. Die Farbstoffe treten in den Köpfchenzellen zumeist gelöst auf oder als äusserst feine unter den stärksten Vergrösserungen*) nur punktförmig erscheinende suspendirte Partikelchen, selten in Form grösserer Körner (Fig. 257), Kugeln (Fig. 282, 417) oder Flocken (Fig. 251, 253). Sie treten immer erst spät in Erschei-

*) Système XI. d'immers. von Hartnack.

nung und in vielen Fällen sind sie in Kopf- und Stielzellen total verschieden (Fig. 257, 310, 332, 372 etc.). Zucker ist in den Köpfchenhaaren sehr oft vorhanden, jedoch meist nur im Stiele (Pulmonaria mollis, Antirrhinum majus etc.) und da wieder besonders in der Basalzelle, häufig auch in Kopf- und Stielzellen in gleicher Menge (Pelargonium etc.). Oft führt das Gewebe, auf dem die Köpfchenhaare stehen, sehr viel Zucker, obgleich er in den Haarzellen fehlt (Pentstemon), oft enthält ihn das Köpfchen nur in sehr jungem Zustande und er verschwindet später (Geranium) und dergl. Krystalle finden sich in den Stielzellen häufig vor (Fig. 233), in den Köpfchenzellen habe ich sie nicht beobachtet. Ueber das chemische Verhalten des Inhaltes und der Membran der Köpfchenhaare zu verschiedenen Reagentien, zu Jodlösung, Kalilösung, Ammoniak, Mineralsäuren etc. lässt sich nichts Allgemeines sagen, ich muss da auf meine Detailbeobachtungen im III. Abschnitte verweisen.

Entwickelung der Köpfchenhaare. Die ersten Stadien im Entwickelungsgange der Köpfchenhaare sind denen der gewöhnlichen Haare völlig gleich.*) Auch die Köpfchenhaare entstehen aus einer Epidermiszelle, die allmählig sich zu strecken und zu wachsen beginnt (Fig. 289, 297, 333, 348, 356, 383 etc.). Durch Bildung zweier Primordialzellen in ihrem Innern, genau in der Weise, wie ich es bei gewöhnlichen Haaren (S. 651) beschrieb, zerfällt die Epidermiszelle in zwei (Fig. 187, 259, 334, 349 – 350, 384—385 etc.). Bis dahin lässt sich noch gar nicht erkennen, ob das junge Haar zu einem gewöhnlichen oder zu einem Köpfchenhaare auswachsen werde. Es hat sich um diese Zeit das Haar noch nicht so eigentlich individualisirt, es liegt daher die Annahme nahe, dass es da noch zu einer beliebigen Form auswachsen könne und dass es nur äussere oder innere Verhältnisse sind, welche ihm in diesen Stadien die spätere Richtung verleihen und vorzeichnen. Welche Agentien diess sind und wie sie wirken, ist freilich dermalen noch völlig unenträthselt. — Nach dem Zerfallen der primären Epidermiszelle in zwei können nun mehrere von einander scharf getrennte

*) S. 651.

Fälle eintreten. **Entweder es wird** (Geranium phaeum, Primula sinensis, Cannabis sativa) **dann gleich die oberste der zwei Zellen dadurch, dass sie sich abrundet** etc. (Fig. 349—350, 357—358, 409—410 etc.), **zur Köpfchenzelle oder zur Mutterzelle der Köpfchenzellen.** Die untere der zwei Zellen bildet durch wiederholte Theilungen die Stielzellen (Fig. 359—362, 411), ist demnach die Mutterzelle sämmtlicher Stielzellen geworden. **Es entsteht demnach in diesem Falle das Köpfchen als solches früher, als die Anlage der weiteren Stielzellen erfolgte.** — Im zweiten, ausserordentlich häufig vorkommenden Falle (Digitalis, Geum, Polemonium etc.) **werden zuerst durch wiederholte Theilungen sämmtliche Stielzellen angelegt und erst nachdem dies geschehen, schwillt die oberste Zelle zum Köpfchen an, es entsteht daher letzteres erst nach der Bildung sämmtlicher Stielzellen** (Fig. 259—267 etc.). Bleibt das Köpfchen einzellig, so rundet sich die oberste Zelle eben nur nach und nach zu (Fig. 261—267), ist hingegen das Köpfchen im ausgebildeten Zustande mehrzellig, so vollziehen sich in dem auch da zuerst einzellig auftretenden Köpfchen schon frühe Zelltheilungen, durch welche es theils der Quere, theils der Länge nach in mehr oder weniger zahlreiche Zellelemente zerfällt (Fig. 188—197, 272—280, 348—355 etc.). Die Individualisirung der Primordialzellen bei diesem Vorgange erfolgt genau in derselben Weise, wie ich es oben (S. 652) beschrieben habe; für Specialitäten, hervorgebracht durch die verschiedene Gestalt, welche das ausgebildete Köpfchen annehmen soll, muss ich auf die Detailbeobachtungen im III. Abschnitte verweisen. — Nur selten verdickt sich die Membran der Köpfchenzellen stark, dafür treten aber bei vielzelligen Köpfchen die gerundeten oberen Enden öfters mehr oder weniger aus einander, so dass sie eine Grube zwischen sich bilden, in welcher theils Excretionsproducte der Köpfchenzellen, theils von Aussen hinein fallende Partikelchen (Staub etc.) sich zu sammeln pflegen (Fig. 279—280, 310—311 etc.). Sehr häufig zeigt die Köpfchenzelle einzelliger Köpfchen an ihrer Spitze eine kleine verkümmerte Zelle (Fig. 211 a., 264—268, 271 a., 308), die öfters denselben Inhalt wie die Köpfchenzelle zeigt (Fig. 270 a., 416) und sich immer erst bildet, nachdem das Köpfchen beinahe völlig ausgewach-

sen ist. Ausstülpungen der Köpfchenzellen (Fig. 368) kommen nur selten vor, man hat sie für anhaftende Körper gehalten.*) In sehr vielen Fällen hat die oberste, an's Köpfchen anstossende Stielzelle mit diesem gleichen Inhalt (Fig. 344 c., Fig. 398) und ich habe bereits erwähnt, dass es wahrscheinlich sei, sie werde als Reservebehälter für die im Köpfchen bereiteten Stoffe benutzt. Sie ist, wie die Entwickelung derselben lehrt**) (Fig. 392—396), genetisch dem Köpfchen angehörig. Dasselbe ist bei jenen dreiseitigen obersten Stielzellen der Fall, welche so häufig auf das Köpfchen folgen (Fig. 324, 325, 355 a.). — Dort, wo Köpfchenhaare nicht am Grunde, sondern an ihrer Spitze wachsen, demnach ihre Basalzelle die älteste ist, erscheint sie häufig gegenüber den anderen beträchtlich verdickt (Fig. 258, 308, 310). Dass bei sehr zusammengesetzten Köpfchenhaaren (Drosera, Nepenthes etc.) Spiralgefässe den Stiel durchziehen, ist bereits von Sprengel entdeckt worden. Im Alter verschwindet oft allmählig der flüssige Inhalt aus den Köpfchenzellen, sie collabiren mehr und mehr (Fig. 376) und fallen endlich ab. Es bleiben dann nur mehr die Stiele auf der Oberhaut zurück.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. XX. — Taf. XXXII.)

Fig. 1 — Fig. 13. Entwickelungsgang der Stengel- und Blumenblatthaare von Cucurbita Pepo. (Vergl. Text S. 484 ff.)

Fig. 14 — Fig. 30. Entwickelungsgang der Staubfadenhaare von Tradescantia virginica. (Text S. 491.)

Fig. 31 — Fig. 41. Entwickelungsgang der Tförmigen Haare an Blättern und Stengeln von Artemisia Absinthium. (Text S. 497.)

Fig. 42 — Fig. 45. Entwickelungsgang der Tförmigen Haare von Artemisia camphorata. (Text S. 498.)

Fig. 46 — Fig. 51. Entwickelungsgang der Tförmigen Haare von Tanacetum Meyerianum. (Text S. 499.)

---

*) Meyen, Secretionsorgane. Taf. IV. Fig. 20.

**) S. 607 etc.

Fig. 52 — Fig. 53. Knieförmiges Haar (52) und Glandel (53) von Artemisia camphorata. (Text S. 499.)

Fig. 54. Sichelförmiges Haar vom Stengel von Ajuga pyramidalis. (Text S. 568.)

Fig. 55 — Fig. 57. Partien eines Staubfadenhaares von Brunfelsia eximia. (Text S. 500.)

Fig. 58. Ein knieförmiges Filzhaar vom Stengel von Veronica Chamaedrys. (Text S 501.)

Fig. 59 — Fig. 62. Tförmige Haare von Blättern und Stengeln von Pyrethrum roseum. (Text S. 499.)

Fig. 63 — Fig. 71. Entwickelungsgang der Blumenblatthaare von Lamium album. (Text S. 502.)

Fig. 72. Ein Blumenblatthaar von Lonicera Xylosteum. (Text S. 504.)

Fig. 73. Ein Stengelhaar von Erodium Manescavii. (Text S. 505.)

Fig. 74. Ein Haar vom Blatte von Verbesina gigantea. (Text S. 505.)

Fig. 75. Ein Haar vom Blatte eines Piper. (Text S. 507.)

Fig. 76. Ein altes Haar von Verbesina gigantea. (Text S. 505.)

Fig. 77. Ein knieförmiges Haar von Eranthemum leuconeurum. (Text S. 506.)

Fig. 78. Ein Haar von der Blattoberseite von Gesneria patula. (Text S. 507.)

Fig. 79 — Fig 84. Blumenblatthaare und Glandeln von Salvia splendens. (Text S. 511.)

Fig. 85 — Fig. 86. Glandeln vom Stengel von Lantana Jungii. (Text S. 514.)

Fig. 87 — Fig. 94. Entwickelungsgang der sichelförmigen Haare an den Blättern und Stengeln von Symphytum officinale. (Text S. 516.)

Fig. 95 — Fig. 96. Haar von der Blattunterseite von Genista linifolia. (Text S. 519.)

Fig. 97 — Fig. 98. Haare vom Kelche von Edwardsia grandiflora. (Text S. 521.)

Fig. 99. Ein Haar von der Blattunterseite von Hydrangea quercifolia. (Text S. 522.)

Fig. 100. Ein Filzhaar einer Tagetes-Art. (Text S. 522.)

Fig. 101. Ein desgleichen von Potentilla resplendens. (Text S. 522.)

Fig. 102. Ein Blumenblatthaar von Delphinium formosum. (Text S. 525.)

Fig. 103. Ein Haar von der Unterlippe von Antirrhinum majus. (Text S. 591.)

Fig. 104 — Fig. 105. Haare von den Blattrippen von Humulus Lupulus. (Text S. 527.)

Fig. 106 — Fig. 108. Blumenblatthaare von Glechoma hederacea. (Text S. 528.)

Fig. 109. Ein Stengelhaar von Onobrychis procumbens. (Text S. 529.)

Fig. 110. Ein Haar von Ribes Grossularia. (Text S. 615.) Vergl. Fig. 199 a—d.

Fig. 111 — Fig. 112. Tförmiges und conisches Haar von Tweedia coerulea. (Text S. 529.)

Fig. 113 — Fig. 114. Blumenblatthaare von Viola tricolor. (Text S. 526.)

Fig. 115 — Fig. 117. Samenhaar von Tagetes patula. (Text S. 530.)

Fig. 118. Ein Kelchhaar von Adonis vernalis. (Text S. 531.)

Fig. 119. Ein Haar vom Blatte von Asarum europaeum. (Text S. 531.)

Fig. 120 — Fig. 125. Filzhaare und Glandeln von Stengel und Blättern von Onopordon Acanthium. (Text S. 532.)

Fig. 126 — Fig. 137. Entwickelungsgang der Filzhaare an Blättern und Stengeln von Verbascum Thapsus. (Text S. 533.)

Fig. 138 — Fig. 143. Entwickelungsgang der Asthaare am Grunde der Filamente von Nicandra physaloides. (Text S. 540.)

Fig 144 — Fig. 145. Büschelhaare vom Kelche von Marrubium hispanicum. (Text S. 537.)

Fig. 146. Filzhaar von Mentha rotundifolia. (Text S. 542.)

Fig. 147. Ein Haar vom Stengel von Spiraea filipendula. (Text S. 542.)

Fig. 148 — Fig. 153. Entwickelungsgang der zusammengesetzten Haare vom Stengel von Mimosa prostrata. (Text S. 543.)

Fig. 154. Ein Filzhaar von der Blattunterseite von Correa speciosissima. (Text S. 548.)

Fig. 155. Ein Haar vom Stengel von Xeranthemum annuum. (Text S. 549.)

Fig. 156 — Fig. 162. Entwickelungsgang der zusammengesetzten Haare an den Blättern von Hieracium Pilosella. (Text S. 545.)

Fig 163 — Fig. 165. Die frühesten Stadien der Brennhaare von Urtica urens. (Text S. 551.)

Fig. 166 — Fig. 173. Entwickelungsgang der Haare an Blättern von Lamium maculatum. (Text S. 549.)

Fig. 174 — Fig. 176. Entwickelungsgang der hackenförmigen Haare an Blättern und Stengeln von Galium Mollugo. (Text S. 553.)

Fig. 177. Ein Haar vom Kelche von Anchusa Barrelieri. (Text S. 554.)

Fig. 178 — Fig. 179. Ein Haar von Gnidia tomentosa. (Text S. 555.)

Fig. 180 — Fig. 181. Ein Haar vom Stengel von Abutilon Regelii. (Text S. 555.)

Fig. 182. Ein Narbenhaar von Iris squalens. (Text S. 557.)

Fig. 183. Ein Haar vom Blatte von Geranium phaeum. (Text S. 558.)

Fig. 184. Ein Haar vom Kelche von Verbascum nigrum. (Text S. 535.)

Fig. 185. Ein Filzhaar vom Stengel von Banksia ilicifolia. (Text S. 558.)

Fig. 186. Ein Haar vom Blattrande von Galium insubricum. (Text S. 554.)

Fig. 187 — Fig. 197. Entwickelungsgang dor Köpfchenhaare von Nicotiana rustica. (Text S. 595.)

Fig. 198. Haare von Chenopodium viride. (Text S. 559.)

Fig. 199 a—d. Entwickelungsgang der zusammengesetzten Haare von Ribes Grossularia. (Text S. 615.) Vergl. Fig. 110.

Fig. 199 e. Ein Haar von den Blattrippen von Cistus garganicus. (Text S. 562.) Vergl. Fig. 425—427.

Fig. 199 f. h. Entwickelungsgang dcr Köpfchenhaare an jungen Aesten von Rhus Cotinus. (Text S. 606.)

Fig. 199 g. Ein Haar von den Blättern von Helianthemum pilosum. (Text S. 538.)

Fig. 200 — Fig. 231. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare, des Haarfilzes und der Glandeln von Digitalis purpurea. (Text S. 563.)

Fig. 232 — Fig. 244. Entwickelungsgang der gewöhnlichen Haare und der Köpfchenhaare an Blättern und Blattstielen von Gesneria spicata. (Text S. 586.)

Fig. 245 — Fig. 254. Entwickelungsgang der gewöhnlichen Haare und der Köpfchenhaare am Stengel von Pulmonaria mollis. (Text S. 569.)

Fig. 255. Ein Filzhaar von Lactuca Scariola. (Text S. 614.) Vergl. Fig. 405—408.

Fig. 256. Ein Köpfchenhaar vom Filamente von Lysimachia vulgaris. (Text S. 584.)

Fig. 257. Ein Köpfchenhaar von der Unterseite der Blumenkrone von Aeschinanthus ramosissimus. (Text S. 588.)

Fig. 258 — Fig. 267. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare vom Fruchtknoten von Digitalis lutea. (Text S. 566.)

Fig. 268 — Fig. 271. Ein Köpfchenhaar vom Stengel von Ajuga pyramidalis. (Text S. 568.) Vergl. Fig. 54.

Fig. 272 — Fig. 281. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare vom Kelche von Maurandia semperflorens. (Text S. 593.)

Fig. 282 — Fig. 288. Köpfchenhaare und Glandeln von der Unterseite der Blumenblätter von Salvia gesnerifolia. (Text S. 571.)

Fig. 289 — Fig. 296. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare an den Blättern von Saxifraga Facchinii. (Text S 602.) Vergl. Fig. 309.

Fig. 297 — Fig. 307. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare und Glandeln an Blättern und Stengeln von Origanum Majorana. (Text S. 585.)

Fig. 308. Köpfchenhaar vom Blüthenstiele von Geranium sylvaticum. (Text S. 574.)

Fig. 309. Köpfchenhaar von Saxifraga Facchinii. (Text S. 602.) Vergl. Fig. 289—296.

Fig. 310 — Fig. 323. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare und der kopfförmigen an Blumenblättern uud Blüthenstielen von Antirrhinum majus. (Text S. 590.) Vergl. Fig. 103.

Fig. 324 — Fig. 331. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare vom Blumenblatte von Pentstemon Cobaea. (Text S. 597.)

Fig. 332. Ein Köpfchenhaar vom Kelche von Lychnis viscaria. (Text S. 584.)

Fig. 333 — Fig. 336. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare von den Blüthenstielen von Polemonium coeruleum. (Text S. 588.) Vergl. Fig. 398.

Fig. 337 — Fig. 341. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare von den Blättern von Agrimonia Eupatoria. (Text S. 601.)

Fig. 342 — Fig. 347. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare und Glandeln an den Blättern von Pelargonium papillosum. (Text S. 577.)

Fig. 348 — Fig. 355. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare an den Blüthenstielen von Scrophularia nodosa. (Text S. 607.)

Fig. 356 — Fig. 366. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare an den Blüthenstielen von Cannabis sativa. (Text S. 611.)

Fig. 367. Ein Köpfchenhaar vom Blüthenstiele eines Pelargoniums. (Text S. 579.)

Fig. 368 — Fig. 370. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare vom Blatte von Tellina grandiflora. (Text S. 609.)

Fig. 371. Köpfchenhaar vom Blüthenstiele von Robinia viscosa. (Text S. 617.)

Fig. 372. Köpfchenhaar vom Blumenblatte von Salvia variegata. (Text S. 573.)

Fig. 373. Kopfförmiges Haar von der Oberlippe von Pentstemon nitidum. (Text S. 600.)

Fig. 374 — Fig. 381. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare an den Blattstielen, Blattrippen und Blumenblättern von Primula sinensis. (Text S. 580.) Vergl. Fig 391—397.

Fig. 382. Köpfchenhaar vom Blüthenstiele von Rosa centifolia. (Text S. 618.)

Fig. 383 — Fig. 386. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare vom Stengel von Bryonia alba. (Text S. 589.)

Fig. 386 a. Haar von den Blattrippen von Calceolaria violacea. (Text S. 583.)

Fig. 387 — Fig. 390. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare vom Stengel von Bryonia alba. (Text S. 589.) Vergl. Fig. 383—386.

Fig. 391 — Fig 397. Entwickelung der Köpfchen an den Köpfchenhaaren von Primula sinensis. (Text S. 580.) Vergl. Fig. 374—381.

Fig. 398. Köpfchenhaar vom Blüthenstiele von Polemonium coeruleum. (Text S. 588.) Vergl. Fig. 333—336.

Fig. 399 — Fig. 404. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare an Stengeln und Blättern von Hyoscyamus niger. (Text S. 605.)

Fig. 405 — Fig. 408. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare von Lactuca Scariola. (Text S. 614.) Vergl. Fig. 255.

Fig. 409 — 417. Entwickelungsgang der Köpfchenhaare an Blättern und Blüthenstielen von Geranium phaeum. (Text S. 575.) Vergl. Fig. 183.

Fig. 418 — Fig. 424. Entwickelungsgang der Haare an den Blüthentheilen von Aquilegia vulgaris. (Text S. 560.)

Fig. 425 — Fig. 427. Entwickelungsgang der Haare von den Blattrippen von Cistus garganicus. (Text S. 562.) Vergl. Fig. 199 e.

Verzeichniss aller Pflanzengattungen und Arten,

bezüglich deren Haare Bemerkungen in vorstehender Abhandlung vorkommen.

NB. Die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen im Texte, die cursiv gedruckten den Ort, wo ausführlicher über den betreffenden Gegenstand gehandelt ist. Die beistehenden Figurennummern beziehen sich auf Taf. XX.—XXXII.

Einige Bemerkungen

über die von Münter S. 250 angeregten Fragen und die von Bary (Bot. Zeitg. 1867 Nr. 10) gegebene Beantwortung derselben

von

H. Karsten.*)

Münter theilt a. a. O. die von ihm gesehene Thatsache mit, dass von dem in dem Fichtenblatte befindlichen Chrysomyxa-Mycelium durch die Spaltöffnungen der Oberhaut Pilzfäden hervorwachsen, dieauf dem Blatte hin kriechen, sich verzweigen und Hyphen treiben, welche durch wenige zarte Querwände septirt sind und die Pflanze durch die Anordnung ihrer zweikammrigen Sporen als Arthrobotrys oligospora *Fres.* zu erkennen geben.

Münter war so freundlich, meinen Wunsch, diesen Pilz zu sehen, dadurch zu erfüllen, dass er mir zu verschiedenen Zeiten Fichtenzweige mit Chrysomyxa von verschiedenen Standorten aus der Umgebung Greifswalds schickte, — die z. Th. von ihm sogleich am Fundorte einzeln in reine neue Glasröhren eingeschlossen worden waren, z. Th. von mir selbst sofort in gut gereinigte feuchte Glasgefässe eingeschlossen wurden, — an denen allen sich nach 2—3 Wochen Arthrobotrys oligospora *Fres.*, von den durch Chrysomyxa gelb gewordenen Stellen der Blätter ausgehend, entwickelte. — Einige Versuche, das von Münter beobachtete Hervortreten der Myceliumfäden aus den Spaltöffnungen des Fichtenblattes und

*) Juni 1867.

den Uebergang derselben in Arthrobotrys zu sehen misslangen, da ich zu dem Zwecke Abschnitte des Chrysomyxa-Mycelium enthaltenden Blattes auf dem Objectträger in feuchter Atmosphäre liegend beobachtete, wo dann die Myceliumfäden aus dem durchschnittenen Gewebe unmittelbar hervortreten und an denjenigen Blättern, deren Chrysomyxa-Sporenhaufen schon die Epidermis durchbrochen hatten, vorzugsweise im Umkreise dieses hervorsprossten und hier dann nicht die A. oligospora *Fres.*, sondern eine der S. 57 gezeichneten ähnliche, stark verzweigte mit zahlreicheren einfachen kugeligen Endsporenketten versehene Cladosporium-Form erschien.

Die A. oligospora entwickelte sich stets etwas später; ihr erstes Entstehen wahrzunehmen, gelang mir nicht. Deshalb aber an der Richtigkeit der Beobachtung Münter's, wie Bary a. a. O. a priori, zu zweifeln, halte ich mich keineswegs berechtigt: vielmehr meine ich einem wissenschaftlichen Collegen es schuldig zu sein, einen genügenden Beweis oder Gegenbeweis zu suchen, was ich dadurch zu erreichen hoffte, dass ich die Arthrobotrys-Sporen auf jugendliche Fichtenblätter aussäete. Von dem künftigen Frühlinge erwarte ich über den Erfolg belehrt zu werden. Uebrigens bedurfte es wohl keiner Erinnerung daran, dass bei diesen Culturversuchen, trotz aller Vorsicht, nur zu leicht Sporen anderer Schimmelarten mit den bezeichneten Stellen des Fichtenblattes in Berührung kamen; der sicherste Beweis der Zusammengehörigkeit wird immer der von Münter gegebene des Ueberganges beider Formen in einander sein, wenngleich schon das regelmässige nach 2—3 Wochen eintretende Erscheinen der Arthrobotrys auf diesen Chrysomyxa-kranken Fichtenblättern höchst bemerkenswerth ist.

Was nun die Münter'sche Bestimmung seines Schimmels als Arthrobotrys oligospora *Fres.* betrifft, so kann ich auch darin Bary's vermeintlicher Correction nicht beistimmen, der wieder die Richtigkeit dieser Bestimmung, auf Loew's Beobachtungen gestützt, bestimmt in Abrede stellt: indem ich vielmehr bei Cultur dieses Schimmels auf verschiedenen organischen Substanzen, die von Fresenius selten gesehenen zweiten, unteren Sporenknäul, wenn derselbe auf Honig vegetirte, gleichfalls in derselben Weise wie Fresenius verschiedentlich beobachtete; ebenso die von Fresenius noch seltener beobachteten folgenden unteren Sporenknäul.

Auch das von Fresenius, — nicht von Münter und Loew — gesehene Stielchen der Sporen entwickelte sich oft bei dieser Ernährungsweise des Pilzes und zwar zuweilen zu bedeutender, dem Querdurchmesser der Sporen selbst gleichkommender Länge, während eine (dreikammrige) gedreite Spore auch dann nur sehr selten vorkam.

So ist kein Grund vorhanden, an der Identität der beiden von Fresenius und Münter beschriebenen Schimmelformen zu zweifeln, denn die von mir als Ausnahme beobachtete Entwickelungsform konnte möglicherweise bei dem nicht genau bekannten Substrat der Fresenius'schen Cultur als Regel auftreten.

Ob nun A. oligospora *Fres.* der Corda'schen Gattung Arthrobotrys zuzuzählen ist, das wurde von Münter nicht weiter erörtert, während es Bary, wenn auch aus unzureichenden Gründen, behauptet.

Denn die vorliegende Pflanze ist kein Arthrobotrys, weil ihre Sporen nicht alle gleichzeitig am Ende der kopfförmig etwas angeschwollenen Hyphe erscheinen wie bei jenem Pilze, sondern in Knäuln stehen, d. h. deren Entwickelung, was weder Bary noch seine Vorgänger erkannten, eine begrenzte, centrifuge ist; die später an der knäultragenden Hyphe erscheinenden Sporenquirle sprossen unterhalb der schon vorhandenen, nicht oberhalb dieser, — wie Bary dies irrthümlich aus der Fresenius'schen Zeichnung herausliest, — an der etwa über den ersten Sporenknäul hinaus verlängerten Hyphe hervor. In seiner Beschreibung von A. oligospora lässt Fresenius dies ganz unerwähnt, und die von Bary citirte Fresenius'sche Zeichnung auf dessen Tafel V. gehört zu Gonatobotrys ramosa, nicht zu A. oligospora, zu dessen Bestimmung sie Bary irrthümlich benutzt.

Bei Gonatobotrys sowohl wie bei Arthrobotrys sind die sporentragenden Theile der Hyphe angeschwollen, was bei dem vorliegenden Pilze so wie bei A. oligospora *Fres.* nicht der Fall ist.

Aus allen diesen Gründen kann die Fresenius'sche A. oligospora und mit ihr der identische Münter'sche Schimmel nicht, wie Bary dies für ersteren irrthümlich behauptet, mit Arthrobotrys *Crd* vereinigt werden.

Und auch wenn der Münter'sche Pilz nicht mit A. oligospora

Fres. identisch wäre, würde ich zögern, ihn zur Gattung Trichothecium *Lk* zu ziehen, wie Bary dies will, indem er ihn für T. roseum *Lk* erklärt. Denn dies T. roseum besitzt nach der Angabe Link's und nach der von ihm mitgetheilten Abbildung (Observationes Taf. I. Fig. 27, sowie Handbuch 1833, S. 460) keine aufrechten Hyphen, weshalb ihn Link auch mit Trichoderma roseum *Hoffm.* (Bot. Taschenb. 1795, Taf. 10) identificirte.

Link unterschied in diesen Arbeiten ausdrücklich bei Schimmeln die verfilzten von den aufrechten Hyphen, weshalb ich mich nicht für berechtigt halte, wie Bary, bei diesem Trichothecium anzunehmen, dass Link eine vorhandene aufrechte Hyphe übersehen habe, indem er seine neue Gattung aufstellte, welche auch von *Corda* in anderen, durch die Farbe und das öftere Vorkommen von gedreiten Sporen unterschiedenen Arten wiedererkannt wurde.*)

Der Münter'sche Pilz stimmt dagegen recht gut mit der Corda'schen von Bary irrthümlich mit Trichothecium vereinigten Gattung Cephalothecium, und stehe ich nicht an, ihn für C. roseum *Crd.* zu halten, obgleich die von Corda gegebene, mir auf einen Irrthum begründet erscheinende Beschreibung der Sporen nicht auf die des vorliegenden Pilzes passt.

Der anfangs kugelige Sporenknäul des von mir beobachteten Münter'schen Pilzes wird durch länger andauernde Entstehung neuer Sporen an seinem Grunde endlich zu einem cylindrischen, 30sporigen, man könnte sagen ährenförmigen Sporenstande. An den einzelnen Doppelsporen konnte ich keine Farbe wahrnehmen, die dichtgedrängt stehenden Hyphen zeigten eine weisslich-rosenrothe Farbe.

Dort, wo in einiger Entfernung unter dem Endknäul neue Sporenquirle aus dieser Hyphe hervorsprossen, biegt sich letztere meistens etwas seitwärts, wie dies auch Fresenius in seiner Fig. 5, Taf. III. sehr naturgetreu darstellt; einigemal sah ich einen mehr oder minder langen, Sporen tragenden Ast an der entsprechenden Stelle hervortreten, so dass ich geneigt war, auch dies Seitwärtsbiegen der Hyphe an den unteren Sporenquirlen für die Folge einer beginnenden Astbildung zu halten, konnte mich jedoch nicht von

*) Corda: Icones fungor. tom. II. 48 49.

dem wirklichen Vorhandensein eines Astes überzeugen: vielmehr schienen mir die Sporen, so wie auch Fresenius sie beschreibt und zeichnet, ringsum, nicht einerseits, an der Hyphe zu stehen; auch habe ich mich durch directe Beobachtung überzeugt, dass die unteren Sporenquirle die jüngeren sind.

Arthrobotrys oligospora *Fres.* scheint mir hiernach, wie gesagt, specifisch identisch mit dem Münter'schen Pilze, wie der botanische Blick Münter's dies sogleich richtig erkannt hatte, und zwar eine Variation von dem meist nur ein endständiges Sporenknäul tragenden Cephalothecium roseum zu sein.

Ausser auf Honig vegetirte dieser Schimmel auch auf Brod sehr üppig, ohne jedoch die unteren Sporenquirle hervorzubringen.

Den Schlusssatz der Bary'schen Bemerkungen würde ich nicht berühren, läge es nicht zugleich im Interesse der Wissenschaft, die ihr neuerdings aufgedrungenen Sprachformen zu revidiren. Hierher gehört der Ausdruck „Teleutosporen", den bekanntlich Bary 1865 Monatsberichte der Berl. Akad. S. 16) „für gewisse Fortpflanzungszellen, welche im Spätherbste auf Uredineen-Fruchtlagern einzeln oder paarweise einer schmalen fadenförmigen Stielzelle aufsitzen und sich auch mit der Reife nicht von diesen trennen", in die botanische Terminologie einzuführen versuchte, „weil derselbe einfach Sporen bedeutet, welche am Ende der Entwickelung der Species auftreten."

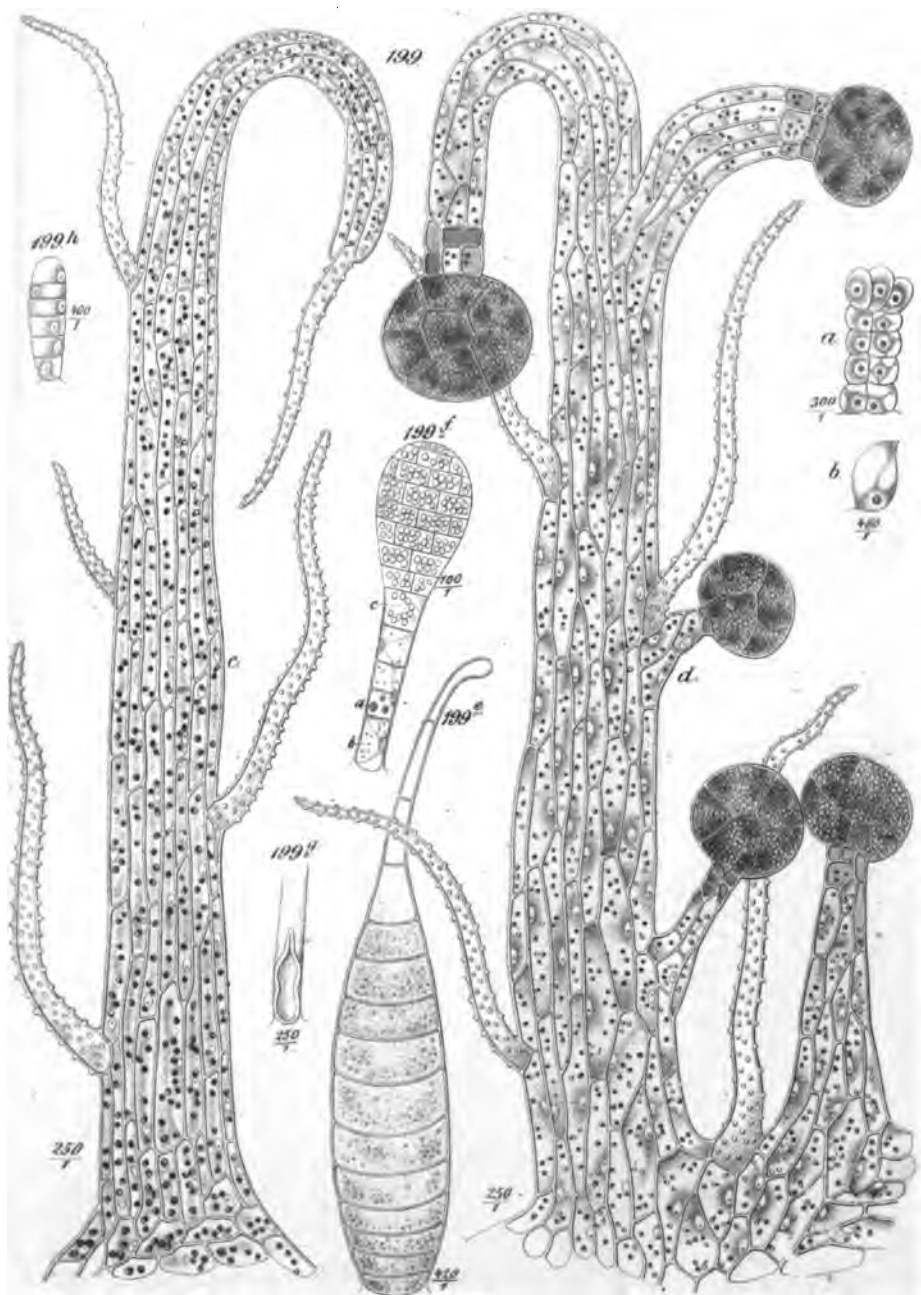
Diese Definition, welche jetzt Bary bestätigt, indem er a. a. O. sagt: „Letzterer Ausdruck bezeichnet bestimmte, der Fortpflanzung dienende Zellen der Uredineen nur nach ihrer Stellung in dem gesammten vielgliedrigen Formenkreise der Species", ist aber auch in der neuen Fassung, wie mir scheint, nicht richtig. Mir scheinen vielmehr diejenigen Pucciniaceensporen, welche zunächst Bary Teleutosporen nennen wollte, nicht das Endglied der Organen-Formen dieser Art zu sein, sondern den Farrnsporen gleich, die Bedeutung von Dauergonidien zu haben, da ich die Aecidien-Fruchtlager, die sich aus ihnen in Berberis uud Euphorbia hervorbilden, in einer grösseren Zelle sich entwickeln sah, mit der sich, in der Art wie bei Coenogonium, Agaricus, Saprolegnia, Peronospora etc., andere Mycelialäste augenscheinlich copulirt hatten.

Demnach halte ich es für höchst wahrscheinlich, dass die

Aecidiensporen das Endglied in der Entwickelungsreihe der Organe dieser Pilzarten sind, und da solche Aecidien-Formen bei Chrysomyxa nicht bekannt wurden, sind wohl ohne Frage die sogenannten, hier, wie die Theca- und Stylosporen, vor der Keimung mehr oder minder lange ruhenden Sporidien das letztentwickelte Organ dieses Pilzes; sie also wären die eigentlichen Teleutosporen.

Jedenfalls hätte wohl Münter eine so unsichere Bezeichnung ganz unbeachtet gelassen, wäre sie nicht schon von seinen Vorgängern angewendet worden, und hätte die sogenannten Teleutosporen, wie bisher allgemein verständlich, Phragmidiaceen- oder Pucciniaceensporen genannt. —

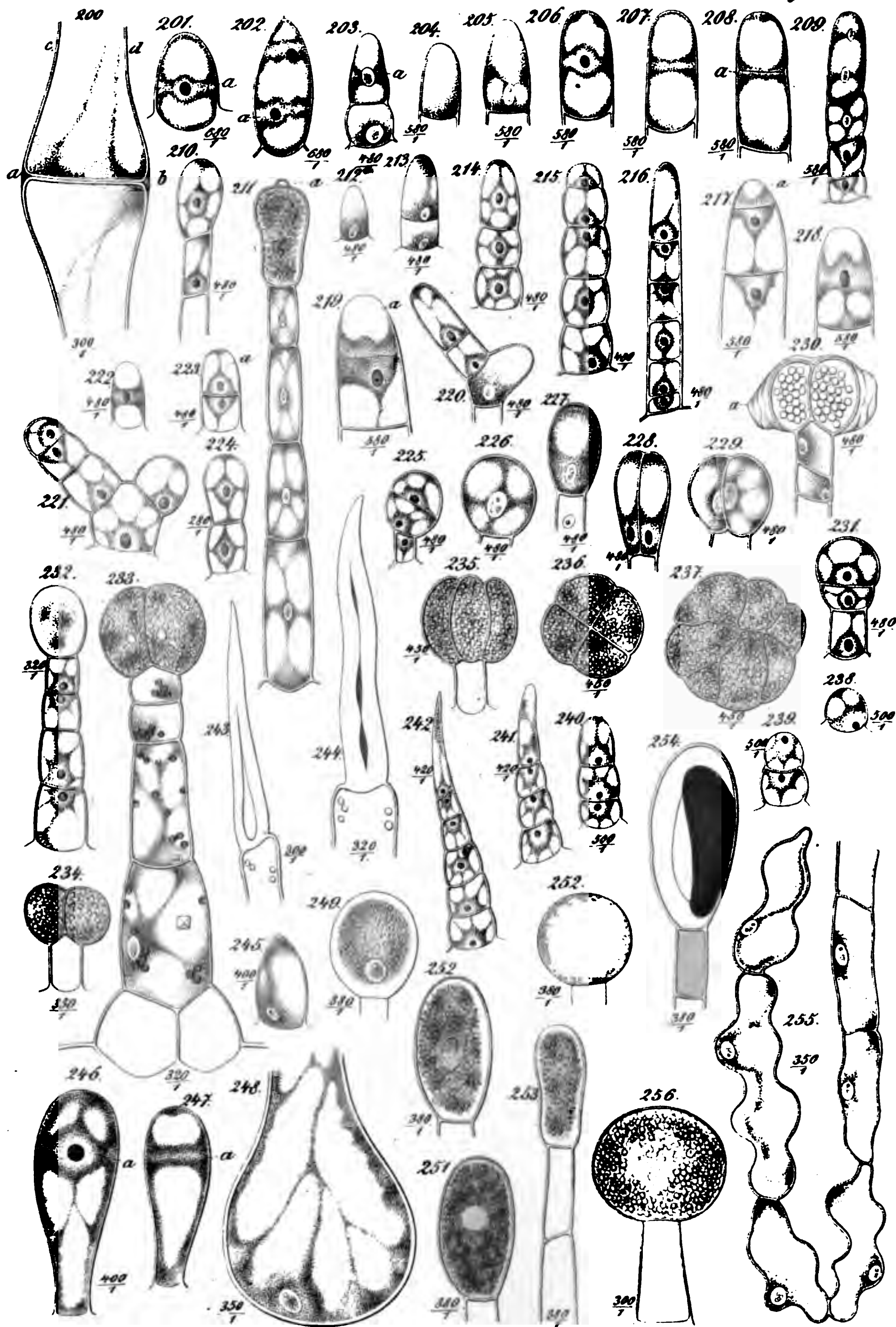
Berlin, Druck von Gebr. Unger (C. Unger), Königl. Hofbuchdrucker.



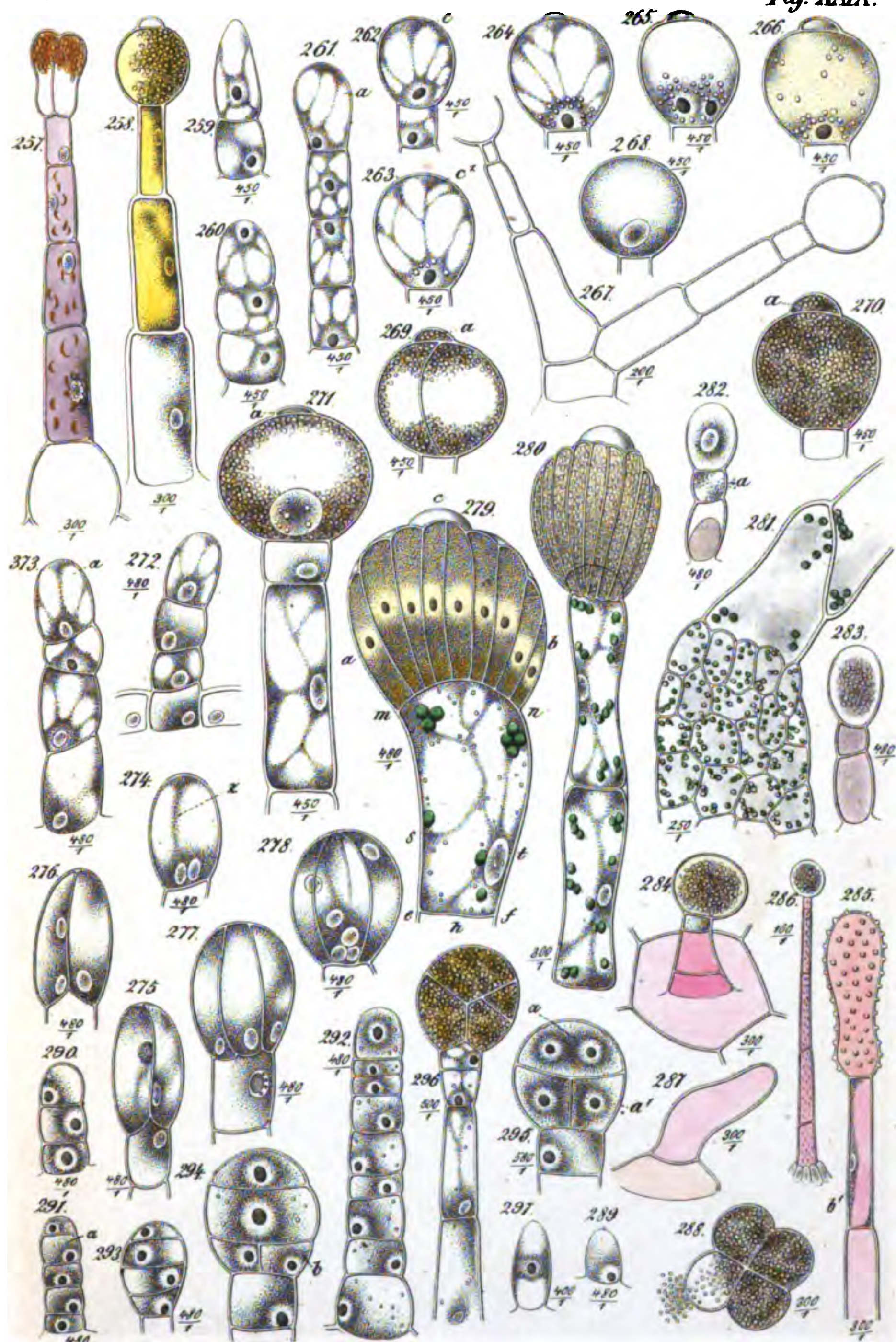
A. Weiss del.

C F Schmidt lith.

Taf. XXVIII.



A. Weiſs del.   C. F. Schmidt lith.

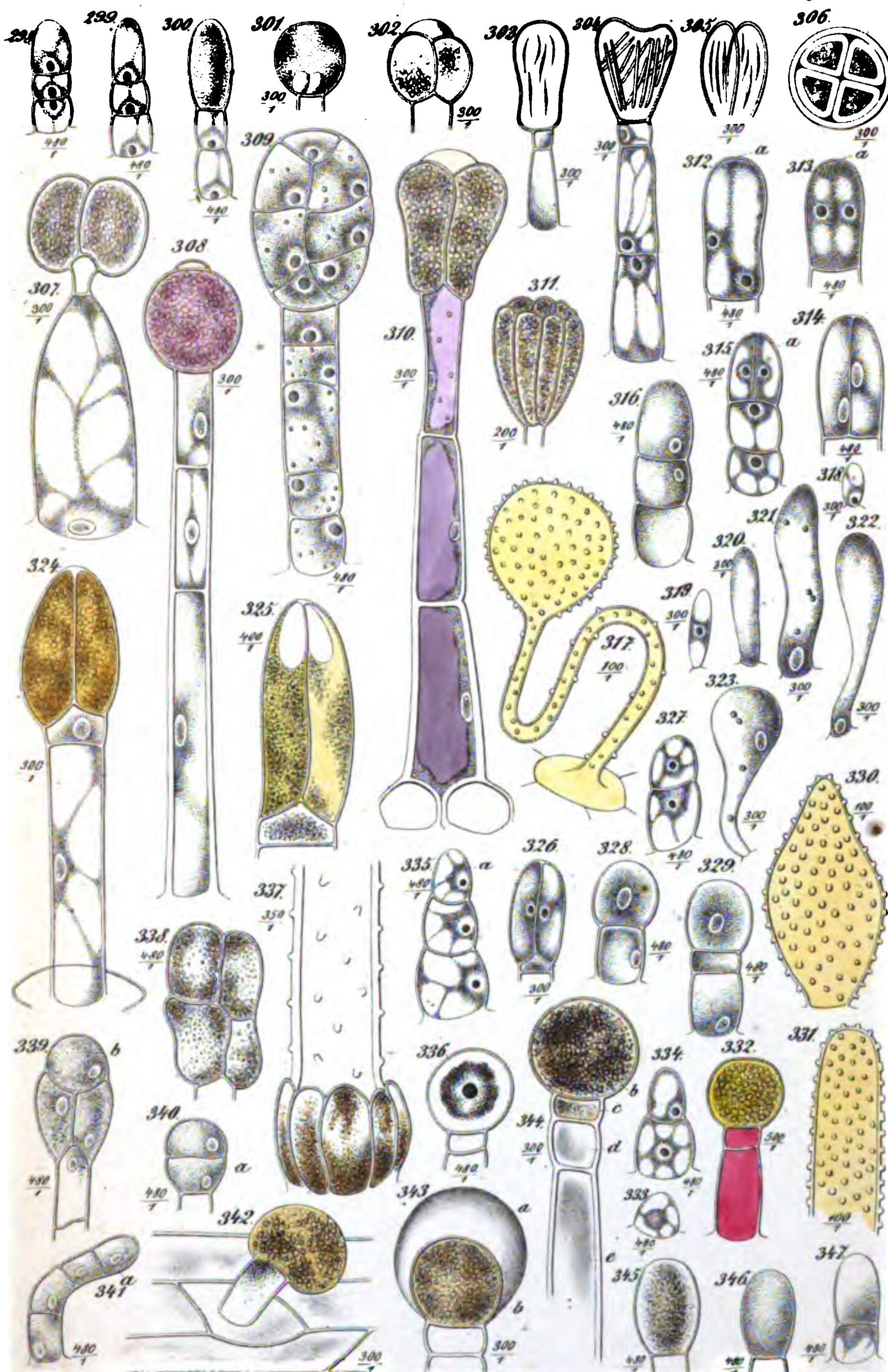


A. Weiſs del.

C. F. Schmidt lith.

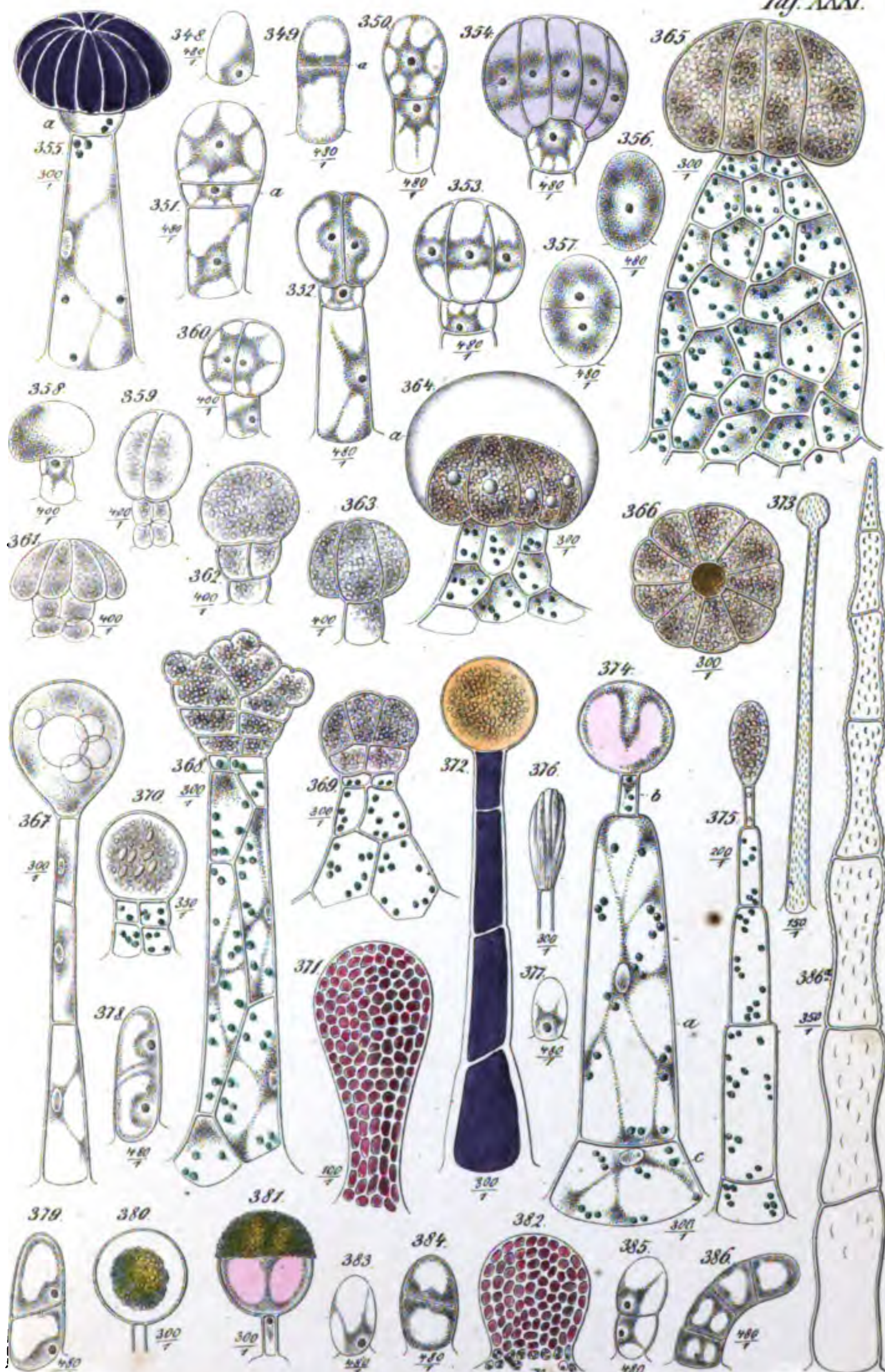
W

Taf. XXX.

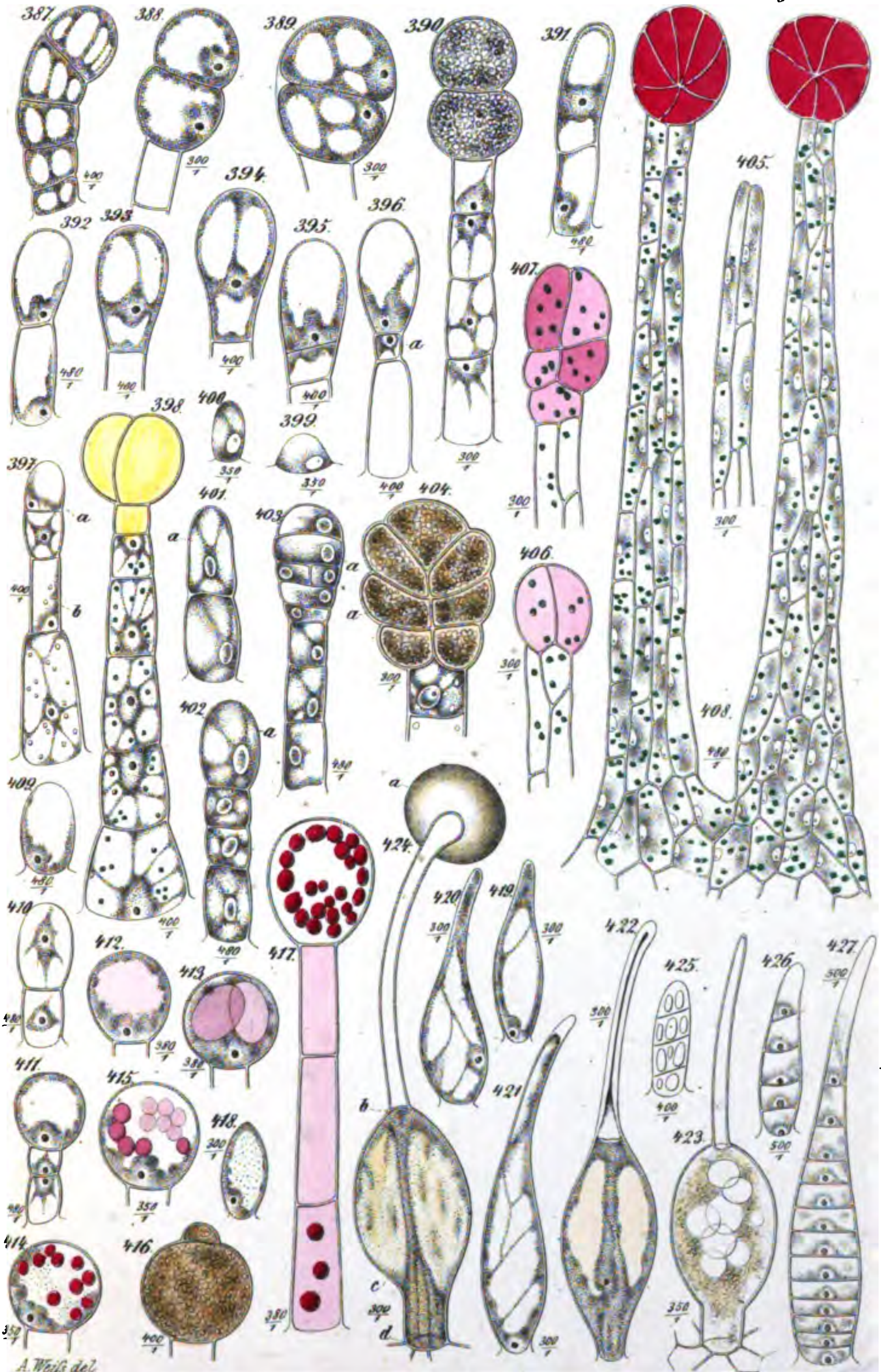


A. Weiß del.

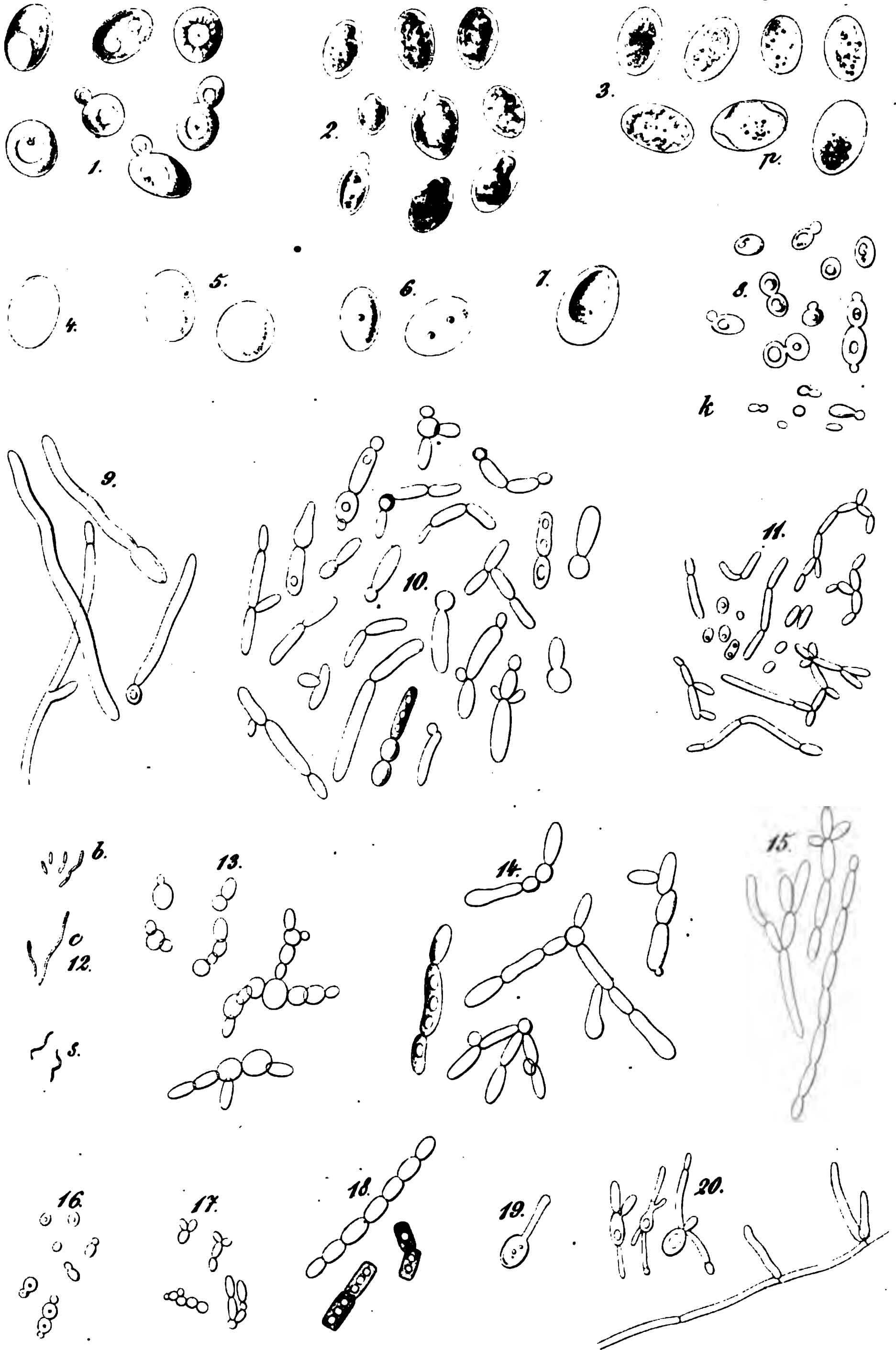
C. F. Schmidt lith.



A Weyss del. C.F. Schmidt lith.



C. F. Schmidt lith.



H. Hoffmann del.

C. F. Schmidt lith.